

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

Facultad de Ciencias de la Educación

Departamento de Didáctica de la Matemática, de las Ciencias Sociales y de las Ciencias Experimentales. Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales.

TESIS DOCTORAL

Aprendizaje del cambio químico y desarrollo de prácticas científicas en una secuencia de enseñanza-aprendizaje para Educación Secundaria Obligatoria en el contexto del consumo y elaboración de yogur.

Autora: Verónica Eutimia Muñoz Campos.

Directores: Dr. Ángel Blanco López y Dr. Antonio Joaquín Franco Mariscal.



Abril 2021

Programa de Doctorado: Educación y Comunicación Social.





UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA





UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

Facultad de Ciencias de la Educación

Departamento de Didáctica de la Matemática, de las Ciencias Sociales y de las Ciencias Experimentales. Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales.

TESIS DOCTORAL

Aprendizaje del cambio químico y desarrollo de prácticas científicas en una secuencia de enseñanza-aprendizaje para Educación Secundaria Obligatoria en el contexto del consumo y elaboración de yogur.

Tesis realizada por Verónica Eutimia Muñoz Campos para el título de Doctor por la Universidad de Málaga.

Modalidad: Tesis Doctoral por compendio de publicaciones.

2020

Autora: Verónica Eutimia Muñoz Campos.


Directores: Dr. Ángel Blanco López y Dr. Antonio Joaquín Franco Mariscal.

Programa de Doctorado: Educación y Comunicación Social.



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

AUTOR: Verónica Eutimia Muñoz Campos

 <https://orcid.org/0000-0003-2647-6560>

EDITA: Publicaciones y Divulgación Científica. Universidad de Málaga



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode>

Cualquier parte de esta obra se puede reproducir sin autorización
pero con el reconocimiento y atribución de los autores.

No se puede hacer uso comercial de la obra y no se puede alterar, transformar o hacer obras derivadas.

Esta Tesis Doctoral está depositada en el Repositorio Institucional de la Universidad de Málaga (RIUMA): riuma.uma.es



MÁLAGA UNIVERSITY

Faculty of Education Sciences

Department of Mathematics, Social Sciences and Science Education. Science Education.

DOCTORAL THESIS

Learning of chemical change and development of scientific practices in a teaching learning sequence for Compulsory Secondary Education in the context of consumption and elaboration of yogurt.

Thesis submitted by Verónica Eutimia Muñoz Campos for the degree of Doctor at University of Málaga.

Modality: Doctoral Thesis by compendium of publications.

2020

Author: Verónica Eutimia Muñoz Campos.

Directors: PhD Ángel Blanco López and PhD Antonio Joaquín Franco Mariscal.

Doctoral Program: Education and Social Communication.

Dr. Ángel Blanco López y Dr. Antonio Joaquín Franco Mariscal

Departamento de Didáctica de la Matemática, de las Ciencias Sociales y de las Ciencias Experimentales, Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales,

INFORMAN

Que D.^a Verónica Eutimia Muñoz Campos, ha realizado bajo nuestra dirección la Tesis Doctoral por compendio de publicaciones titulada **“APRENDIZAJE DEL CAMBIO QUÍMICO Y DESARROLLO DE PRÁCTICAS CIENTÍFICAS EN UNA SECUENCIA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE PARA EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA EN EL CONTEXTO DEL CONSUMO Y ELABORACIÓN DE YOGUR”** que se recoge en la presente memoria cumpliendo todos los requisitos para optar al Grado de Doctor, por lo que autorizamos su lectura y defensa pública en la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Málaga.

Y para que así conste y tenga los efectos oportunos, firmamos el presente informe

Málaga, a 16 de Noviembre de 2020

Fdo.: Dr. Ángel Blanco López

Fdo.: Dr. Antonio Joaquín Franco Mariscal



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



Escuela de Doctorado

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD DE LA TESIS PRESENTADA PARA OBTENER EL TÍTULO DE DOCTOR

D./Dña VERÓNICA MUÑOZ CAMPOS

Estudiante del programa de doctorado EDUCACIÓN Y COMUNICACIÓN SOCIAL de la Universidad de Málaga, autor/a de la tesis, presentada para la obtención del título de doctor por la Universidad de Málaga, titulada: APRENDIZAJE DEL CAMBIO QUÍMICO Y DESARROLLO DE PRÁCTICAS CIENTÍFICAS EN UNA SECUENCIA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE PARA EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA EN EL CONTEXTO DEL CONSUMO Y ELABORACIÓN DE YOGUR.

Realizada bajo la tutorización de ÁNGEL BLANCO LÓPEZ y dirección de ÁNGEL BLANCO LÓPEZ Y ANTONIO JOAQUIN FRANCO MARISCAL (si tuviera varios directores deberá hacer constar el nombre de todos)

DECLARO QUE:

La tesis presentada es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, conforme al ordenamiento jurídico vigente (Real Decreto Legislativo 1/1996, de 12 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, regularizando, aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), modificado por la Ley 2/2019, de 1 de marzo.

Igualmente asumo, ante a la Universidad de Málaga y ante cualquier otra instancia, la responsabilidad que pudiera derivarse en caso de plagio de contenidos en la tesis presentada, conforme al ordenamiento jurídico vigente.

En Málaga, a 15 de NOVIEMBRE de 2020

Fdo.: VERÓNICA EUTIMIA MUÑOZ CAMPOS



EFQM

AENOR



Edificio Pabellón de Gobierno. Campus El Ejido.
29071

Tel.: 952 13 10 28 / 952 13 14 61 / 952 13 71 10

E-mail: doctorado@uma.es

*“Dime y lo olvido,
enséñame y lo recuerdo,
involúcrame y lo aprendo”.*

Benjamín Franklin.

AGRADECIMIENTOS

La investigación que aquí se presenta no hubiera sido posible sin la participación y colaboración desinteresada de muchas personas, a las que creo necesario expresar mi más sincero agradecimiento.

En primer lugar, y de manera especial, al Dr. Ángel Blanco López y al Dr. Antonio Joaquín Franco Mariscal, directores de mi tesis, por la confianza que han depositado en mí para la realización de este trabajo. Por su paciencia y horas de dedicación las cuáles me han mostrado un mundo apasionante como es la Didáctica de las Ciencias Experimentales.

A los estudiantes de E.S.O. de varios institutos de secundaria de Málaga que participaron en los estudios y me brindaron la oportunidad de trabajar de una forma diferente.

A los compañeros del Grupo de Investigación ENCIC, Enseñanza de las Ciencias y Competencias, de la Universidad de Málaga, con los que he tenido el privilegio de colaborar mientras se desarrollaba esta Tesis, y de los que tanto he aprendido: Daniel, José, Enrique, Joaquín, Teresa, Carmen, Vito, José Antonio. Gracias por todos los consejos recibidos.

Tampoco puedo olvidar el importante apoyo de mi familia, a mi madre y hermana agradecerles que siempre hayan cuidado de mí, y un muy especial reconocimiento para mi pareja, Ángel, y mis hijos, Carmen y Leo, por su comprensión y paciencia en todo este largo periodo de tiempo que no he podido dedicarles.

Con estos testimonios de gratitud quisiera concluir un largo periodo de trabajo, que no siempre ha sido fácil, pero que pese a todas las dificultades encontradas llega hoy a feliz término.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Motivación del estudio	21
1.2. La enseñanza en contexto y las prácticas científicas	22
1.2.1. Enseñanza de las ciencias en contexto.....	23
1.2.1.1. El consumo y elaboración de yogur como contexto.....	24
1.2.2. Prácticas científicas.....	25
1.2.2.1. Modelización	25
1.2.2.2. Indagación	27
1.2.2.3. Argumentación.....	27
1.2.3. Integración de enfoques en el diseño de una secuencia de enseñanza-aprendizaje	28
1.3. Objetivos y preguntas de investigación.....	29
1.4. Presentación de los trabajos realizados	30

2. RESULTADOS

2.1. Resultados de la pregunta de investigación 1.....	39
2.2. Resultados de la pregunta de investigación 2.....	42
2.2.1. Un esquema para el diseño de SEAs	43
2.2.1.1. Principio 1. La relación modelo científico-contexto como base para la SEA	45
2.2.1.2. Principio 2. Las prácticas científicas como herramientas para el tratamiento del problema y la construcción del modelo científico.....	45

2.2.1.3. Principio 3. Uso de preguntas guía	46
2.2.1.4. Principio 4. Fomento de la transferencia del conocimiento	47
2.2.2. Etapa 2. Diseño de la instrucción	47
2.2.3. Etapa 3. Diseño de las actividades de aprendizaje.....	47
2.2.4. Aplicación del esquema propuesto para el diseño de la SEA "¿Es necesario tomar yogur?"	48
2.2.5. Implementación de la SEA.....	53
2.3. Resultados de la pregunta de investigación 3	53
2.4. Resultados de la pregunta de investigación 4.....	57
2.5. Resultados de la pregunta de investigación 5.....	59

3. CONCLUSIONES

3.1. Conclusiones de la pregunta de investigación P1	65
3.2. Conclusiones de la pregunta de investigación P2	66
3.3. Conclusiones de la pregunta de investigación P3	66
3.4. Conclusiones de la pregunta de investigación P4.....	67
3.5. Conclusiones de la pregunta de investigación P5	67

4. CONTRIBUCIONES QUE FORMAN PARTE INTEGRANTE DE LA TESIS

4.1. Contribución 1.....	73
4.2. Contribución 2.....	95
4.3. Contribución 3.....	125
4.4. Contribución 4.....	151

5. CONTRIBUCIONES COMPLEMENTARIAS

5.1. Contribución A.....	179
5.2. Contribución B	189
5.3. Contribución C	199
5.4. Contribución D	211
5.5. Contribución E	221

6.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 229

1

INTRODUCCIÓN

1.1. Motivación del estudio

La investigación que he realizado a lo largo de mi Tesis Doctoral se enmarca en una línea de investigación que pretende la integración del desarrollo de prácticas científicas (argumentación, indagación y modelización) en el contexto de problemas o situaciones de la vida diaria (Blanco-López, Franco-Mariscal, España y Rodríguez, 2018). Esta línea se viene desarrollando en los últimos años en el Grupo de Investigación PAIDI de la Junta de Andalucía HUM-974, “Enseñanza de las Ciencias y Competencias” (ENCIC), a través de diferentes proyectos de investigación I+D+i del Plan Nacional con referencias EDU2013-41952-P, EDU2017-82197-P y PID2019-105765GA-I00.

En esta Tesis, dicha línea de investigación se ha concretado en el diseño, implementación y evaluación de una secuencia de enseñanza-aprendizaje (en adelante SEA), cuya finalidad es el aprendizaje del modelo de cambio químico y el desarrollo de prácticas científicas utilizando como contexto el consumo y la elaboración de yogur.

Una de las razones principales para la elección del tema de estudio surgió después de la realización del Máster Universitario en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas. En concreto, tras realizar las prácticas externas en un instituto de educación secundaria de la ciudad de Málaga, pude comprobar la importancia de que el alumnado en la etapa de Educación Secundaria Obligatoria adquiriese las competencias clave necesarias tanto para su desarrollo personal como para su vida profesional. Otra de las razones es el bajo índice de resultados obtenido por los estudiantes españoles en las pruebas PISA (Ministerio de Educación, 2010) y las de Evaluación de Diagnóstico (Cañas, Lupión, y Niedo, 2012), en las que se pone de manifiesto el escaso desempeño de las competencias científicas del alumnado para resolver situaciones o problemas de la vida diaria.

Por otro lado, ya como profesora de Física y Química de Enseñanza Secundaria he ido observando la falta de motivación de los estudiantes hacia las ciencias. Esto está de acuerdo con diferentes estudios (Solbes, 2011) que muestran una percepción por parte de los estudiantes de los temas de ciencias como poco interesantes y una escasa motivación hacia las materias científicas, que va aumentando al ir avanzando en los distintos cursos escolares.

Los argumentos más utilizados por el alumnado para explicar su desinterés en la ciencia escolar es esencialmente su grado de dificultad (Osborne y Collins, 2001) y la falta de relevancia de los temas estudiados (Schreiner y Sjøberg, 2004). Otra fuente de desinterés son las actividades prácticas de enseñanza, tan importantes en el aprendizaje de las ciencias que, según ellos, no les permiten la participación en el aula, y no se basan en su curiosidad con respecto a los fenómenos de la vida cotidiana (Lyons, 2006).

Sin duda, estos obstáculos interfieren en las clases de Química a la hora de enseñar y aprender los núcleos conceptuales clave de esta materia como es el cambio químico (Gómez-Crespo, 2008). La importancia de estos cambios, que es uno de los objetivos de estudio en esta Tesis Doctoral, queda reflejada por el gran número de investigaciones realizadas desde la Didáctica de las Ciencias Experimentales (véase, por ejemplo, Gómez-Crespo, 2008; Aragón, Oliva y Navarrete, 2013) y por la importancia que tiene dentro del actual currículo de la educación secundaria (MECD, 2015).

Los contenidos formativos del Máster en Profesorado me permitieron conocer la importancia de diferentes enfoques que podrían ayudar a las dificultades y obstáculos antes mencionados. En particular, tuve oportunidad de conocer sus fundamentos teóricos y ejemplos de su aplicación en la práctica de los enfoques de enseñanza en contexto y de desarrollo de prácticas científicas (Girón, 2017; Rodríguez, 2016).

El bagaje formativo me animó a iniciar mis estudios de doctorado en la línea de investigación anteriormente indicada y mi incorporación al ejercicio profesional me permitió llevar a cabo la mayor parte del estudio experimental en el contexto de mi docencia de Física y Química en varios centros educativos de la provincia de Málaga.

1.2. La enseñanza en contexto y las prácticas científicas

La Didáctica de las Ciencias Experimentales cuenta en la actualidad de un buen número de enfoques de enseñanza que intentan alentar planteamientos renovados y adaptados a distintas finalidades de la educación científica. Entre ellos se encuentran los centrados en las concepciones de los estudiantes y el cambio conceptual (Hewson y Beeth, 1995), en la indagación o en el aprendizaje por investigación en torno a problemas (Abril, Romero, Quesada y García, 2013a; García-Barros y Martínez, 2010; García-Carmona, 2019; NRC, 2012), en la modelización (Gilbert y Justi, 2016; Loarces, Ferrer y González-García, 2019; Oliva, Aragón y Cuesta, 2015), en la argumentación (Erduran y Jiménez-Aleixandre, 2008; Chin y Osborne, 2010), en las relaciones CTSA (Ciencia-Tecnología-Sociedad-Medioambiente) (Aikenhead, 2005; Levinson et al., 2019; Prieto, España y Martín, 2012) o en la contextualización (King y Ritchie, 2012). Todos ellos tienen en común la intención de promover planteamientos de enseñanza que fomenten la actividad y participación del alumnado dentro de un marco colaborativo, usar sus conocimientos, destrezas y/o intereses iniciales como punto de partida, y potenciar una evolución en los mismos ya sea a nivel conceptual, metodológico o actitudinal, desde el compromiso de alcanzar un aprendizaje significativo y funcional.

Cada planteamiento, que en muchos casos podría concordar con los presupuestos constructivistas (Driver, 1998), ha priorizado un foco de atención y, en consecuencia, una manera diferente de materializar y vehicular propuestas innovadoras de enseñanza-aprendizaje de las ciencias.

Así, mientras la enseñanza por cambio conceptual pone el énfasis en el conocimiento, la práctica científica relacionada con la indagación o por investigación centran su atención en las habilidades y destrezas del estudiante en relación a la actividad científica, y las orientaciones CTSA y de enseñanza en contexto se preocupan más por fomentar actitudes positivas hacia las ciencias y su aprendizaje a través del acercamiento de la ciencia a la vida diaria o el tratamiento de aspectos sobre la naturaleza de la ciencia y la participación ciudadana. En una situación intermedia podrían situarse las prácticas de argumentación y modelización. La argumentación pone el énfasis en hacer ciencia, aprender acerca de las ciencias y utilizar la ciencia para tomar decisiones (Jiménez-Aleixandre, 2010). La modelización persigue una evolución en los modelos de los estudiantes sobre los fenómenos científicos, pero a la vez plantea un marco de trabajo en el aula coherente con la actividad científica, al menos cuando ésta se entiende como actividad de construcción y puesta a prueba de modelos (Justi y Gilbert, 2002).

A continuación, se describe de forma más detallada la enseñanza en contexto y las tres prácticas científicas que se han abordado en el desarrollo de esta Tesis Doctoral.

1.2.1. Enseñanza de las ciencias en contexto

A lo largo de las últimas décadas se ha observado las dificultades del alumnado en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias en la Enseñanza Secundaria Obligatoria (Campanario y Moya, 1999). Uno de los grandes obstáculos encontrados en la investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales son las ideas previas que tienen sobre contenidos científicos. Hoy día se sabe que la mayoría de estas concepciones que tiene el estudiante influyen en el aprendizaje de fenómenos científicos. Al obstáculo de las ideas previas del alumnado hay que añadir la dificultad que tiene al relacionar el mundo macroscópico (capaz de percibir con sus sentidos) y el mundo submicroscópico (Andersson, 1990; Benarroch, 2001).

Para poder resolver estas dificultades es imprescindible que el alumnado se encuentre en una situación que le resulte confortable y motivadora, que le ayude a interesarse por el aprendizaje de las ciencias (Escaño y Gil de la Serna, 2001) puesto que consideran las asignaturas de ciencias como algo incompresible, difícil y alejado de su vida cotidiana (Lupi3n, Franco-Mariscal y Gir3n, 2019). En resumen, la difusi3n de las ciencias en la actualidad requiere de diversos factores, los cuales deben provocar en el alumnado un aumento del inter3s por los conocimientos de ciencias, y en este punto, la ense1anza de las ciencias en contexto se muestra 3til para esta finalidad.

En t3rminos generales podemos decir que la ense1anza en contexto se plantea relacionar la ciencia con la vida diaria, actual o futura, de los estudiantes y hacer ver su inter3s en los 3mbitos personal, profesional o social. King (2012) indica, en este sentido, que una metodolog3a basada en contextos consiste en aplicar la ciencia a una situaci3n del mundo real que se usa como estructura central para la ense1anza. Los conceptos cient3ficos se ense1an a medida que son necesarios para comprender mejor la situaci3n planteada.

Existen razones epistemol3gicas, psicol3gicas y pedag3gicas que sustentan la ense1anza de las ciencias en contexto. As3, Chamizo e Izquierdo (2005) plantean, sobre esta cuesti3n, una reflexi3n desde la filosof3a de la ciencia y consideran que los conceptos cient3ficos surgen de situaciones problem3ticas y, por tanto, requieren de una situaci3n real en la que se aplican y en la que toman sentido. Por tanto, la ciencia siempre se desarrolla en contexto.

Considerar lo contrario sólo tienen sentido desde una postura filosófica en la que la ciencia se considere separada de la sociedad en la que se construye y en la que se manifiesta culturalmente.

Desde el punto de vista psicológico, se ha puesto de manifiesto la importancia del concepto de “relevancia” para el aprendizaje. Este aspecto es fundamental por dos motivos relacionados entre sí (Harlen, 1998):

- (a) Favorece la motivación y el interés por la ciencia. El aumento de la comprensión de las cuestiones que interesan a los estudiantes y que están conectadas con su vida diaria, constituye una parte importante de las razones que les impulsan a aprender ciencia.
- (b) Ayuda a la comprensión de los conceptos e ideas científicas. Los estudiantes pueden relacionar rápidamente las ideas que se le enseñan en las clases con su propia experiencia. Las ideas que no se relacionan con la experiencia difícilmente perduran en la mente de los estudiantes, aunque sean muy sencillas.

En este sentido, Finkelstein (2005) afirma que no es fructífero separar el aprendizaje del estudiante del contexto en que ocurre porque el contexto está intrínseco en el aprendizaje del estudiante, le da forma y es, a su vez, moldeado por el contenido y los estudiantes, que son agentes activos para desarrollar una comprensión del contexto tratado y que llegan a él con una historia previa.

Desde un punto de vista pedagógico, hay que resaltar que la introducción de competencias en los currículos escolares de muchos países plantea la necesidad de tener en cuenta los contextos en la enseñanza, ya que las competencias suponen la capacidad de personas para resolver problemas complejos y para participar de forma efectiva en múltiples contextos de la vida.

1.2.1.1. El consumo y elaboración de yogur como contexto

El contexto elegido para esta Tesis Doctoral es el consumo y elaboración de yogur, el cual pasamos a comentar. La relevancia de la alimentación en la vida diaria, tanto en el ámbito personal como social e incluso global (España, Cabello y Blanco, 2014) la convierte en un contexto relevante en la educación secundaria obligatoria. En concreto, la química de los alimentos, y de forma más general la química de la cocina, se ha considerado como un contexto muy útil en la enseñanza de las ciencias (Jiménez-Liso, López-Gay y Márquez, 2010). Podemos preguntarnos qué aspectos hay en la química de la cocina que lo hace tan aceptable para enseñar ciencias. La respuesta a esta pregunta se puede resumir en tres aspectos: (a) la gran cantidad de conceptos químicos y físicos que se pueden abordar en ella, (b) la facilidad en la elaboración de algunas recetas, y (c) la semejanza de la cocina con un laboratorio de ciencias.

El uso de recetas culinarias constituye un buen recurso didáctico para motivar al alumnado, debido a que la mayoría de ellos ha visto cómo se prepara alguna receta de comida en su hogar, identificando el alumnado, de esta forma, la cocina como un laboratorio (Solsona, 2010). Sin embargo, en la explicación científica de la elaboración de una receta están involucrados multitud de conceptos científicos, algunos de ellos con una elevada complejidad (Jiménez-Liso y De Manuel, 2009). Por tanto, para que el aprendizaje pueda ser efectivo es necesario alcanzar el equilibrio entre contexto y contenido científico (Kortland, 2007) y, para ello, es aconsejable centrarse durante el desarrollo de la SEA en un solo contenido químico.

El eje articulador de la SEA planteada en esta Tesis Doctoral se centra en el contexto de alimentación y salud (OECD, 2016) y en una situación concreta como es el consumo y elaboración de yogur. El yogur es un alimento muy consumido por niños y adolescentes (Parra, 2012), factores que pueden ayudar a interesar e implicar al alumnado a conocer cómo se elabora, así como los procesos químicos y biológicos asociados. En su abordaje los estudiantes pueden utilizar un modelo importante en la ciencia escolar –la reacción de fermentación– y poner en práctica la indagación mediante la elaboración de yogur, y la argumentación para tomar una decisión sobre la necesidad de su consumo.

Algunos criterios importantes para elegir el consumo de yogur como contexto son su relevancia en la vida diaria, su relación con el currículum, con modelos importantes de la ciencia escolar y con el trabajo práctico (Muñoz-Campos, Blanco-López y Franco-Mariscal, 2015). Respecto al modelo, es importante relacionarlo con el contexto de forma adecuada, decidiendo sus objetivos, cómo se construirá en el aula, cómo se analizará y evaluará (Gilbert y Justi, 2016).

A pesar de que el yogur constituye un alimento muy presente en la vida diaria del alumnado, no aparece entre los temas más utilizados en la enseñanza de las ciencias (Jiménez-Liso, López-Gay y Márquez, 2010). No obstante, varios autores han utilizado este contexto para enseñar ciencias en educación secundaria. Balaguer, García y Mantero (2006) lo emplearon para introducir la indagación y la educación para el consumidor, o Moreno-Arcuri y López (2013) lo usaron para estudiar los modelos mentales de los estudiantes sobre los aspectos biológicos de la fermentación de yogur.

De los distintos aspectos que se podrían utilizar de este producto alimentario, en la SEA se ha optado por elegir la necesidad o no de su consumo. Son varias las razones por las que se ha tomado esta opción. Por un lado, su cotidianidad y la extensión de su consumo en nuestro país (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2015) hace que los estudiantes quizás no se hayan planteado esta cuestión. Por otro lado, la presión de la publicidad sobre este producto hace que llegue a los estudiantes gran cantidad de mensajes e información en las que se magnifican sus ventajas alimenticias (Girón, 2017). Por último, el yogur proporciona una gran cantidad de nutrientes necesarios para el organismo, siendo su composición equilibrada y resaltando la cantidad de calcio y fósforo que aporta, sin embargo no se puede considerar un alimento completo por su bajo contenido en hierro y en vitamina C (Moreno-Arcuri y López, 2013).

1.2.2. Prácticas científicas

1.2.2.1. Modelización

Actualmente la modelización científica y la enseñanza por modelización, o los enfoques de enseñanza en torno a modelos constituyen una de las líneas más fecundas de investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales (Gilbert y Justi, 2016). El uso de modelos y de la modelización se considera una práctica científica importante (NRC, 2012) y, por ello, se reconoce que debe formar parte del bagaje de los estudiantes desde el punto de vista de una educación científica básica (Oliva, Aragón y Cuesta, 2015).

De acuerdo con Justi (2006), la importancia que los modelos desempeñan en la enseñanza de las ciencias descansa en las finalidades que tienen:

- a. Aprender ciencia, ya que el alumnado debe aprender a describir, explicar, comprender y predecir los fenómenos que ocurren en la naturaleza.
- b. Aprender sobre ciencias, entendiendo y valorando el papel que ocupan los modelos en el desarrollo y la difusión de la actividad científica.
- c. Aprender a hacer ciencia, donde el estudiante tiene que ser capaz de crear, expresar y comprobar sus propios modelos.

En definitiva, un modelo consiste en una representación de un fenómeno que ayuda a explicar un concepto científico que entraña cierta dificultad (Caamaño, 2011). La mayoría de los conceptos químicos han sido propuestos por científicos a través de modelos que les ayudan a entender su significado, por lo que los modelos se encuentran en una zona comprendida entre el fenómeno y la teoría (Gilbert, Boulter y Rutherford, 1998). En términos generales los modelos nos ayudan a comprender diversos fenómenos tanto científicos como no científicos.

La modelización en Didáctica de las Ciencias Experimentales consiste en abordar conceptos a través de representaciones simplificadas, que nos ayuden a construir y entender el comportamiento científico (Aragón, 2013). Sin embargo, modelizar es un proceso complicado que requiere la adquisición de diversas competencias presentes en el currículo.

Los estudiantes aprenden los conocimientos científicos apoyándose en modelos que les resultan interesantes. Esto implica que no es suficiente la idea de que los estudiantes aprendan ciencias a través de modelos sino también deben ser capaces de elaborar las estrategias, habilidades y actitudes necesarias para que puedan desarrollar modelos que les permitan entender algunos fenómenos. A medida que el alumnado va desarrollando las capacidades para trabajar con modelos va a ir adquiriendo diversas competencias, no sólo científicas, sino también sociales, lingüísticas, etc. Justi y Gilbert (2002) u Oliva (2019) consideran que se debe entender la enseñanza a través de modelos como una buena práctica para la adquisición de conocimientos científicos en Educación Secundaria Obligatoria.

Existen diferentes recursos para la elaboración de modelos en Didáctica de las Ciencias Experimentales tales como dibujos, esquemas, maquetas, metáforas, analogías, simulaciones, etc. El uso de estos modelos favorece que el estudiante se aleje de la memorización de las teorías, leyes e hipótesis que aparecen en el currículo de ciencias.

Para que el uso de la modelización ayude al alumnado a comprender mejor las ciencias, y a su vez una mejor comprensión del mundo que le rodea, el flujo de actividades que conlleva el modelo debe ser reconocible por los estudiantes, le debe resultar familiar y no muy complejo, ya que de esta forma no se llegará a la monotonía y al aburrimiento.

En resumen, la modelización consiste en que el alumnado adquiera los conocimientos científicos a través de los fenómenos explicados por los modelos y que en un estado posterior sea capaz de aplicar estos modelos para predecir nuevos fenómenos. En el caso de la química, que suele ser considerada por el alumnado como una disciplina complicada (Furió y Domínguez, 2007), debido a que su estudio se centra en partículas no visibles ni observables por ellos, resulta conveniente utilizar modelos que permitan obtener una visión más simplificada de la estructura de la materia con idea de promover su aprendizaje.

1.2.2.2. Indagación

La indagación constituye una de las prácticas científicas más importantes y debatidas (Abril et al., 2013b; García-Carmona, 2020; García, Quesada, Ariza y Abril, 2019), que está recibiendo un gran respaldo en Europa, sobre todo a partir del informe Science Education Now (Rocard, 2007). Para comenzar es necesario indicar que el uso del término indagación o inquiry (en inglés) suele tener diversas acepciones en el ámbito educativo (Barrow, 2006). En algunos casos se entiende como una capacidad cognitiva, la de indagar e investigar científicamente, que los estudiantes tienen que desarrollar. En otros casos, se refiere a la comprensión de los métodos usados por los científicos, es decir a la naturaleza de la indagación científica. Una tercera aceptación hace referencia a diversas estrategias didácticas que se pueden utilizar para que los estudiantes desarrollen capacidades de indagación, aprendan sobre la indagación científica o para comprender y aprender conceptos científicos (Couso, 2014).

La idea fundamental de este enfoque consiste en un aprendizaje basado en problemas (Rocard, 2007; Sanmarti y Márquez, 2017). Por tanto, su objetivo es acercar al estudiante al contexto en el que trabajan los científicos, teniendo en cuenta que los científicos abordan problemas no resueltos, mientras que los estudiantes realizan investigaciones sobre problemas cuyas soluciones son conocidas por los docentes. Este enfoque implica realizar actividades que incluyan distintas facetas como la observación, la formulación de preguntas y respuestas sobre el tema de estudio, el planteamiento de hipótesis, la búsqueda de información en diversas fuentes, el diseño de la investigación, el análisis e interpretación de datos y la comunicación de resultados (Romero-Ariza, 2017).

Se han analizado los problemas con los enfoques de indagación (Romero-Ariza, 2017), y más concretamente Couso (2014) realizó una crítica a muchas de las actividades realizadas en este enfoque en el sentido de que plantean una desconexión con el mundo de las ideas, la teoría y el conocimiento científico, limitando los contenidos a enseñar, reduciendo las demandas cognitivo-discursivas de los estudiantes y ofreciendo una imagen de la ciencia desvirtuada. Diversos autores (Couso, 2014; Jiménez-Liso et al. 2001) abogan por establecer en la enseñanza de las ciencias una estrecha relación entre la indagación y otras prácticas científicas. Así, se han propuesto enfoques de enseñanza que enfatizan no solo el carácter indagativo de las prácticas científicas sino también el creativo, generativo y discursivo, como son las de indagación orientada a argumentar (Zemba-Saul, 2009) o la de indagación centrada en modelos (Martínez, Jiménez-Liso y López-Gay, 2015).

1.2.2.3. Argumentación

La ciencia confluye directamente con muchos aspectos de la vida cotidiana y los ciudadanos que componen la sociedad toman decisiones personales y éticas sobre una serie de cuestiones socio-científicas, tales como la ingeniería, la tecnología y los alimentos, basándose en la información disponible a través de distintos medios de comunicación (Osborne y Collins, 2001). Dentro de este contexto, existe la necesidad de mejorar la calidad de la comprensión de los jóvenes respecto a la argumentación científica.

Construir argumentos consiste en la capacidad de relacionar datos y conclusiones (Archila, 2012) a través de evaluar y razonar enunciados teóricos. Consiste en enumerar diferentes alegaciones sobre un determinado hecho relacionándolas con los datos en los que se basan. Para Jiménez-Aleixandre (2010) "argumentar consiste en ser capaz de evaluar los enuncia-

dos en base a las pruebas, es decir, reconocer que las conclusiones y los enunciados deben estar justificados, en otras palabras, sustentados en pruebas" (p. 23). Se puede demostrar fácilmente que la educación científica, a diferencia de la práctica de la ciencia, a menudo ignora la justificación y los argumentos de la creencia científica, y utiliza argumentos de la autoridad (Osborne y Collins, 2001). La falta de atención a la argumentación en el aula de ciencias es una omisión grave, ya que la ciencia se distingue por su compromiso central con las pruebas como base de creencias justificadas sobre causas materiales y los medios racionales para resolver la controversia.

En consecuencia, una tarea importante en la enseñanza de las ciencias es desarrollar la capacidad de los estudiantes para argumentar de forma coherente en un contexto o problema determinado. Del mismo modo, el alumnado tiene que ser capaz de reconocer no sólo las características fuertes de sus argumentos sino también sus limitaciones.

1.2.3. Integración de enfoques en el diseño de una secuencia de enseñanza-aprendizaje

Llevar a la práctica educativa cualquier enfoque de enseñanza requiere de una serie de tareas y decisiones que están lejos de ser algo simple y que requiere integrar ideas y conceptos provenientes de campos muy diversos: de los contenidos científicos implicados, de las características de los propios estudiantes, de los contextos escolares, etc.

El diseño de SEAs constituye un aspecto central en la planificación de la enseñanza y es considerado hoy día en la Didáctica de las Ciencias Experimentales como un campo privilegiado para la formación, la innovación y la investigación (Meheut, 2004). No existe una única forma de diseñar SEAs y, en este sentido, se han elaborado diferentes modelos para su diseño basados en la investigación (Couso, 2011).

Recientes planteamientos sobre las finalidades de la educación científica en torno al desarrollo de prácticas científicas y al de competencias clave (MECD, 2015; OCDE, 2016) demandan enfoques de enseñanza capaces de integrar la gran variedad de prácticas científicas y otros aspectos relacionados con la ciencia (conocimientos, actitudes, valores, etc.) que los estudiantes deben adquirir como parte de una educación destinada, principalmente, a la alfabetización científica de la ciudadanía.

La utilización de un enfoque mixto se justifica desde la premisa de que estos enfoques de enseñanza, por separado, presentan planteamientos parciales y limitados (Oliva y Aragón, 2009), lo que hace difícil y poco realista cualquier intento por extender su uso en las aulas promoviendo su empleo en una parte importante del profesorado. En el caso de la modelización e indagación, aproximan al alumnado a modelos y teorías científicas así como a los procesos de investigación, pero habitualmente lo hacen en un marco de aprendizaje vivencialmente descontextualizado, que promueve rechazo en el alumnado por apreciarlo alejado de sus intereses y necesidades personales (Izquierdo, 2004). Esta autora se cuestiona si es posible integrar en la práctica educativa los planteamientos de contexto de la vida diaria con los de modelización, en el sentido de si las situaciones que permiten modelizar son las mismas que facilitan la aplicación de los conocimientos en contextos cotidianos.

El uso de contextos y las tres prácticas científicas podría favorecer la superación de las ideas previas que mantienen los estudiantes en torno a conceptos y fenómenos científicos

de naturaleza abstracta, difícil comprensión y alejados de su vida diaria. A todo esto, debemos sumar la dificultad añadida que encuentra el alumnado al relacionar los mundos macroscópico y submicroscópico (Benarroch, 2001), necesarios para comprender la química.

En un enfoque integrado no se trata sólo de que problemas relevantes de la vida diaria constituyan el eje estructurador de las SEAs, sino de que estas propuestas favorezcan que los estudiantes además de mejorar la comprensión de estos problemas, que en un principio les podía resultar difícil de comprender y asimilar (Prins, 2010), le ayuden a desarrollar sus capacidades de argumentar, indagar y modelizar.

1.3. Objetivos y preguntas de investigación

El objetivo principal de la investigación planteada en esta Tesis Doctoral consiste en realizar aportaciones al proceso de enseñanza-aprendizaje derivadas de la integración de tres prácticas científicas como son la argumentación, la indagación y la modelización, centrados en contextos de la vida diaria.

Para ello, hemos diseñado una SEA que gira en torno al consumo y la elaboración de yogur. Con el diseño y su implementación en el aula de esta SEA se pretende ofrecer oportunidades para que el estudiante desarrolle las destrezas y habilidades de cada una de las prácticas científicas, al mismo tiempo que se promueve la adquisición de conocimientos, capacidades y valores educativos. Dicha SEA se ha implementado con estudiantes del cuarto curso de Educación Secundaria Obligatoria en dos centros educativos, lo que ha servido para la recogida de datos y análisis de resultados.

De manera más específica, la investigación, centrada en el aprendizaje del cambio químico en el contexto del consumo y elaboración de yogur, y en el desarrollo de prácticas científicas, estuvo guiada por las siguientes preguntas de investigación:

- P1:** ¿Cómo explican estudiantes de secundaria de 13 a 15 años la transformación de la leche en yogur y qué modelos mentales utilizan?
- P2:** ¿Cómo integrar las prácticas científicas de argumentación, modelización e indagación en una SEA basada en el consumo y elaboración del yogur como contexto?
- P3:** ¿Cómo evolucionan los modelos de los estudiantes de secundaria de 4º de E.S.O. sobre la transformación de la leche en yogur en el desarrollo de la SEA?
- P4:** ¿Qué valoraciones realizan los estudiantes de 4º de E.S.O. sobre una SEA que integra prácticas científicas de argumentación, indagación y modelización en el contexto del consumo y elaboración de yogur?
- P5:** ¿Qué valoraciones realizan los estudiantes de 4º de E.S.O. sobre cada una de las tareas planteadas para cada práctica científica y qué diferencias existen entre estudiantes de dos centros diferentes?

1.4. Presentación de los trabajos realizados

Esta Tesis Doctoral se presenta por la modalidad de Tesis por compendio de publicaciones. Las producciones pertenecientes a la investigación realizada se pueden dividir en tres bloques: diseño, implementación y evaluación de la SEA.

La figura 1 ilustra, por orden cronológico, todas las publicaciones que se han ido elaborando a lo largo de la investigación, distinguiéndose en color azul las cuatro contribuciones que componen la Tesis Doctoral por compendio (contribuciones 1, 2, 3 y 4) y en color blanco las contribuciones complementarias (A, B, C, D y E).

Para el diseño de la SEA se llevaron a cabo estudios con la finalidad de acotar y definir el contexto (contribución complementaria A) del consumo y elaboración de yogur, y para conocer las ideas y/o modelos de partida que los estudiantes de secundaria obligatoria tenían sobre este tema. Se trata de una parcela de investigación que parece poco atendida ya que los estudios sobre las concepciones del alumnado sobre reacciones químicas en las que intervienen microorganismos son escasos si se comparan con las que se han realizado con respecto a otros fenómenos. No obstante, un modelo para la transformación de la leche en yogur muestra una mayor complejidad ya que implica la integración de la materia en diversos niveles de organización, molecular y organismos vivos.

Desde esta perspectiva, la **contribución 1 (artículo)** explora y analiza las ideas y los modelos que tienen los estudiantes de educación secundaria obligatoria de 13 a 15 años sobre la transformación de la leche en yogur, entendiendo que es un primer paso para el diseño de la SEA que les va a permitir avanzar en sus modelos y en el cambio químico. Se puede consultar más información sobre estos modelos iniciales en las **contribuciones complementarias B y C**.

A continuación, se procedió a proponer un esquema de elaboración de SEAs para la integración de las prácticas científicas de argumentación, indagación y modelización en un contexto de la vida diaria (**contribución 2, artículo**) que se ha tomado como base para el diseño de la SEA (**contribución 3, capítulo de libro**).

La **contribución 2 (artículo)** presenta, en primer lugar, los problemas y desafíos actualmente planteados con respecto a la integración de las tres prácticas científicas en un contexto de la vida diaria como es el consumo y la elaboración de yogur. Asimismo, se analizan las principales decisiones y factores que se han considerado a la hora de diseñar la SEA desde el punto de vista de la investigación, desarrollo e innovación. El lector puede encontrar una información más detallada sobre el contexto en la **contribución complementaria A** y sobre la integración de las tres prácticas en la **contribución complementaria E**.

Ver figura en la página siguiente:

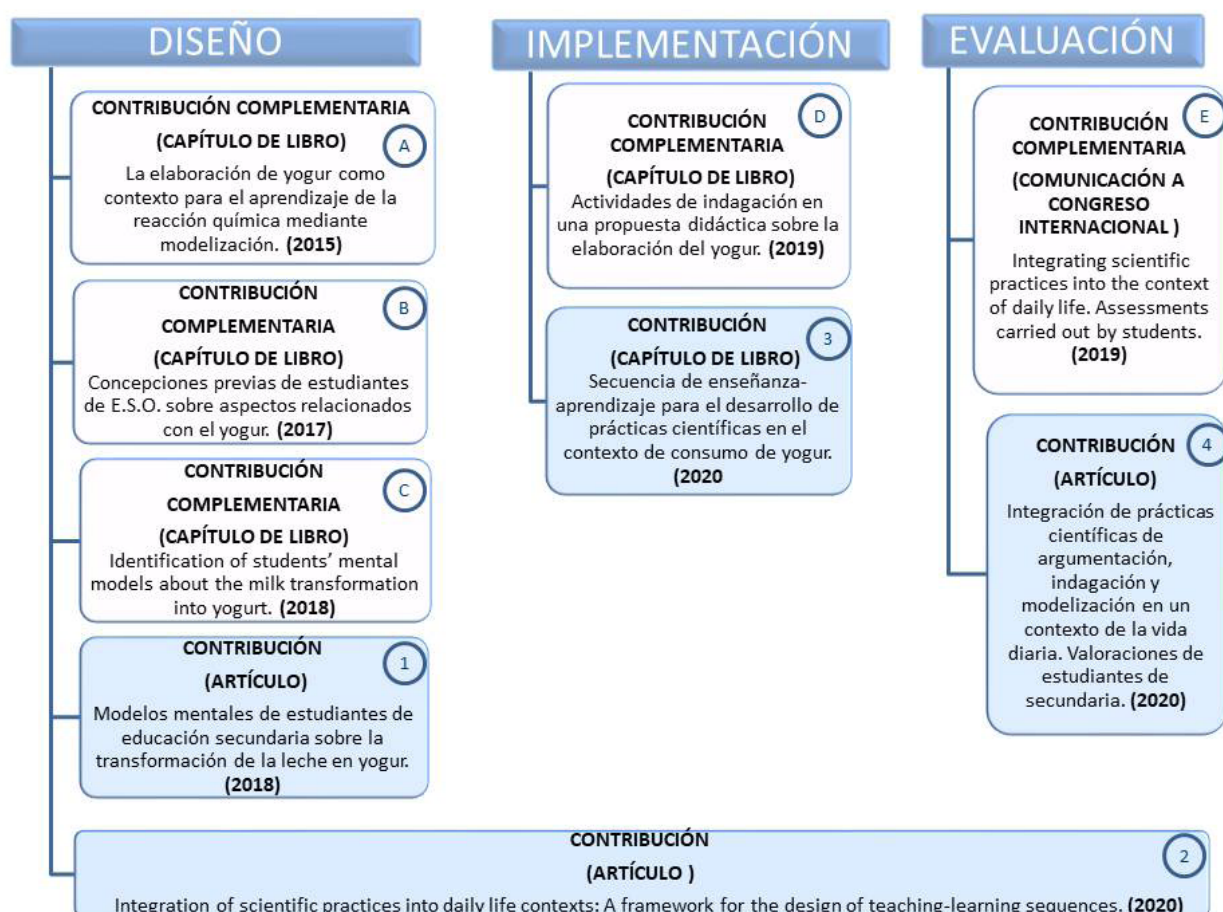


Figura 1. Trabajos realizados durante la investigación resaltándose en azul las contribuciones correspondientes a la Tesis Doctoral por compendio de publicaciones.

La evaluación de la SEA constituye un aspecto clave del desarrollo curricular, en la que es necesario tener en cuenta la opinión de los diferentes actores que intervienen en el proceso (estudiantes, profesorado y diseñadores). Partiendo de que las evaluaciones de las SEAs requieren la combinación de diferentes enfoques, en esta investigación nos hemos centrados, por un lado, en la valoración del aprendizaje de los estudiantes, en términos de la mejora de sus modelos sobre la transformación de la leche en yogur (**contribución 2, artículo**). Por otro lado, en los casos en los que se llevan a cabo nuevas SEAs y enfoques consideramos que las opiniones de los estudiantes son fundamentales y necesarias si se pretende que las clases de ciencias sean más atractivas y relevantes para ellos y, de esta forma, aumentar su interés por la ciencia escolar, así como para determinar las fortalezas y debilidades de la propia SEA desarrollada. De este modo, la **contribución 4 (artículo)**, está dirigida a analizar las valoraciones que tienen los estudiantes sobre diferentes aspectos de la SEA. Cabe destacar, que se ha considerado importante confrontar las valoraciones de los estudiantes utilizando diferentes instrumentos y en distintos momentos del desarrollo de la SEA, lo que ha permitido una mayor riqueza y variedad en los datos y otorgar una mayor validez a los resultados obtenidos.

Seguidamente, se detallan los indicios de calidad de cada una de las cuatro contribuciones que componen esta Tesis Doctoral por compendio de publicaciones, vinculándolas también con las preguntas de investigación planteadas.

CONTRIBUCIÓN 1 (ARTÍCULO)

Título: Modelos mentales de estudiantes de educación secundaria sobre la transformación de la leche en yogur.

Autores: Verónica Muñoz Campos, Antonio Joaquín Franco Mariscal y Ángel Blanco López

Tipo de publicación: Artículo

Revista: Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias

ISSN: 1697011X

Año: 2018

Publicada por: Universidad de Cádiz y Asociación de Profesores Amigos de la Ciencia.

Indicadores de calidad científica de la revista: Sello de calidad FECYT. Indexada en ESCI Web of Science, SJR (Scopus) (cuartil 2, factor de impacto 2018: 0.379) y Lantindex (35 características cumplidas).

Resumen: Los modelos mentales de los estudiantes proporcionan información valiosa sobre sus marcos conceptuales, es decir, sus estructuras de conocimiento subyacentes que pueden ayudar a mejorar el diseño de actividades de aprendizaje en el aula. Este trabajo investiga los modelos mentales de 153 estudiantes de secundaria obligatoria de entre 13 y 15 años sobre la transformación de la leche en yogur y propone un modelo escolar. Los datos se recogieron con dos tareas que demandaban explicar esta transformación a través de respuestas verbales y dibujos. A partir de las respuestas de los alumnos se identificaron siete modelos mentales, de los cuales cuatro (la fermentación es un proceso mecánico, implica un aumento en el número de bacterias, consiste en una mezcla macroscópica, y las bacterias como aglutinante de moléculas) deben considerarse como una aportación de este trabajo, al no haber sido identificados en estudios previos en esta etapa educativa. No obstante, los modelos están aún muy alejados del modelo escolar de fermentación láctica, por lo que se plantea la necesidad de recurrir a nuevas estrategias didácticas para avanzar en su progresión

Pregunta de investigación a la que responde:

P1: ¿Cómo explican estudiantes de secundaria de 13 a 15 años la transformación de la leche en yogur y qué modelos mentales utilizan?

CONTRIBUCIÓN 2 (ARTÍCULO)

Título: Integration of scientific practices into daily life contexts: A framework for the design of teaching-learning sequences.

Autores: Verónica Muñoz Campos, Antonio Joaquín Franco Mariscal y Ángel Blanco López

Tipo de publicación: Artículo

Revista: International Journal of Science Education

DOI: 10.1080/09500693.2020.1821932

ISSN: 09500693, 14645289

Año: 2020

Publicada por: Taylor and Francis

Indicadores de calidad científica de la revista: Indexada en JCR-SSCI, categoría Education and Educational Research (cuartil 3, factor de impacto 2019: 1.485) y SJR (Scopus) (cuartil 1, factor de impacto 2019: 1.058).

Abstract: This study concerns a framework for designing Teaching-Learning Sequences that aims to integrate the implementation of scientific practices in the context of daily problems. Said framework consists of three stages (formulation of the design principles, instructional design and design of the learning activities). It is based on four design principles: (1) the context-scientific model relationship as the axis around which the teaching-learning sequence is based, (2) scientific practices as tools for treating the problem and constructing the scientific model, (3) use of driven questions, and (4) promotion of knowledge transfer. Similarly, the choice of context, the proposal of questions, the drafting of objectives, selection of knowledge, design of the sequence of activities and design of the evaluation are important during instructional design. This framework has been used to design a teaching-learning sequence based on learning the lactic fermentation model in the context of yoghurt preparation such that argumentation, inquiry and modelling play a key role in the educational treatment. Implementation of this teaching-learning sequence has shown an improvement in the lactic fermentation models proposed by Spanish students aged 14–16 years. These findings are considered to be initial evidence for the utility of the teaching-learning sequence.

Preguntas de investigación a las que responde:

- P2:** ¿Cómo integrar las prácticas científicas de argumentación, modelización e indagación en una SEA basada en el consumo y elaboración del yogur como contexto?
- P3:** ¿Cómo evolucionan los modelos de los estudiantes de secundaria de 4º de E.S.O. sobre la transformación de la leche en yogur en el desarrollo de la SEA?

CONTRIBUCIÓN 3 (CAPÍTULO DE LIBRO)

Título: Secuencia de enseñanza-aprendizaje para el desarrollo de prácticas científicas en el contexto de consumo de yogur.

Autores: Verónica Muñoz Campos, Antonio Joaquín Franco Mariscal y Ángel Blanco López

Tipo de publicación: Capítulo de libro

ISBN: Pendiente de asignación

Publicada por: Editorial Graó

Lugar de edición: Barcelona

Año: 2020

Indicadores de calidad científica de la publicación: Indexada en base de datos SPI (Scholarly Publishers Indicators in Humanities and Social Sciences), categoría Educación, editoriales españolas, ICEE 137, posición 2/53, cuartil 1, 2018.

Resumen: La secuencia de enseñanza-aprendizaje (SEA) que se presenta en este capítulo está dirigida a estudiantes de educación secundaria obligatoria y se articula en torno a distintos aspectos relacionados con el yogur, entendiendo que se trata de un producto conocido y muy consumido por el alumnado. Esta SEA, con carácter multidisciplinar, puede considerarse novedosa al integrar las prácticas científicas de argumentación, indagación y modelización en un contexto de la vida diaria. Se presenta su estructura, los objetivos, los contenidos y las tareas. Cada tarea plantea al estudiante un interrogante que guía la selección y secuenciación de contenidos y los aspectos concretos de las prácticas científicas a tratar. A continuación, se describe la puesta en práctica y cómo se han desarrollado estas tareas en el aula con 25 estudiantes de 4º de E.S.O. de dos centros de educación secundaria de la provincia de Málaga. Para cada una de las 14 tareas que constituyen esta SEA se describen sus objetivos y los aspectos más destacados de su implementación ilustrándolos con producciones de los estudiantes. Finalmente se hacen unas valoraciones sobre los resultados obtenidos en su puesta en práctica.

Pregunta de investigación a la que responde:

P2: ¿Cómo integrar las prácticas científicas de argumentación, modelización e indagación en una SEA basada en el consumo y elaboración del yogur como contexto?

CONTRIBUCIÓN 4 (ARTÍCULO)

Título: Integración de prácticas científicas de argumentación, indagación y modelización en un contexto de la vida diaria. Valoraciones de estudiantes de secundaria.

Autores: Verónica Muñoz Campos, Antonio Joaquín Franco Mariscal y Ángel Blanco López

Tipo de publicación: Artículo

Revista: Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias

ISSN: 1697011X

Año: 2020

Publicada por: Universidad de Cádiz y Asociación de Profesores Amigos de la Ciencia.

Indicadores de calidad científica de la publicación: Sello de calidad FECYT. Indexada en ESCI Web of Science, SJR (Scopus) (cuartil 2, factor de impacto 2019: 0.381) y Lantindex (35 características cumplidas).

Resumen: Este trabajo se enmarca en una línea de investigación que pretende la integración del desarrollo de prácticas científicas (argumentación, indagación y modelización) en el contexto de problemas de la vida diaria. Se ha diseñado, implementado y evaluado una secuencia de enseñanza-aprendizaje cuya finalidad es el desarrollo de dichas prácticas científicas utilizando como contexto la elaboración de yogur. En concreto, este trabajo analiza las valoraciones sobre esta secuencia de estudiantes de 4º E.S.O. de dos centros utilizando diferentes instrumentos en distintos momentos de la secuencia. Destaca el alto grado de implicación del alumnado y su percepción de la secuencia como innovadora e interesante. Sin embargo, no todas las tareas son percibidas de igual forma, siendo las relacionadas con indagación y modelización las más y menos valoradas respectivamente. Los resultados apuntan a que desde la perspectiva de los estudiantes la integración de estas prácticas científicas es viable, dando lugar a secuencias que sean de su interés y en las que se impliquen.

Preguntas de investigación a las que responde:

- P4:** ¿Qué valoraciones realizan estudiantes de 4º de E.S.O. sobre una SEA que integra prácticas científicas de argumentación, indagación y modelización en el contexto del consumo y elaboración de yogur?
- P5:** ¿Qué valoraciones realizan estudiantes de 4º de E.S.O. sobre cada una de las tareas planteadas para cada práctica científica y qué diferencias existen entre estudiantes de dos centros diferentes?

2

RESULTADOS

Los resultados de la Tesis Doctoral dan respuestas a las preguntas iniciales de investigación, que han sido abordadas a través del diseño, implementación y evaluación de una SEA. Este apartado recoge los resultados obtenidos para cada una de las preguntas de investigación.

2.1. Resultados de la pregunta de investigación 1

P1: ¿Cómo explican estudiantes de secundaria de 13 a 15 años la transformación de la leche en yogur y qué modelos mentales utilizan?

Para estudiar los modelos de los estudiantes de 13 a 15 años sobre la transformación de leche en yogur se diseñaron dos tareas que respondieron de forma individual dentro de un cuestionario más amplio utilizado en un estudio previo al diseño e implementación de la SEA.

La redacción de la primera tarea con el enunciado *¿Cómo crees que la leche se transforma en yogur?*, no demandaba al alumnado utilizar conocimientos relativos a las sustancias implicadas o a las bacterias en los ámbitos micro y submicroscópico, lo cual no quiere decir que no lo pudiesen indicar en sus respuestas.

Por el contrario, la segunda tarea solicitaba específicamente que incluyeran ideas relacionadas con los ámbitos micro y submicroscópico y fue planteada con el siguiente enunciado: *a) La leche se transforma en yogur por un proceso que se denomina fermentación. En este proceso son importantes dos sustancias, azúcar (lactosa) y ácido láctico, e intervienen unas bacterias que son seres vivos microscópicos. Suponiendo que dispusieses de unas gafas muy potentes, con las que pudieses ver extraordinariamente ampliadas las MOLÉCULAS de estas dos sustancias y a las BACTERIAS, ¿cómo crees que las verías en la leche? ¿y en el yogur? Dibuja cómo te imaginas la leche y el yogur y explica los dibujos. b) Suponiendo que continúas con las mismas gafas. Haz una representación del proceso de transformación de la leche en yogur (fermentación), teniendo en cuenta los componentes más importantes en este proceso azúcar (lactosa), ácido láctico y bacterias. Por favor, explica tu representación.*

Las dos tareas se analizaron de forma conjunta, ya que de ambas se pueden deducir modelos similares. La Tabla 1 recoge los siete modelos identificados en nuestro estudio indicando también otros trabajos que previamente los habían descritos.

Los modelos identificados entienden la transformación de leche en yogur como: 1) un proceso mecánico, 2) un proceso físico semejante a un cambio de estado, 3) un aumento en el número de bacterias, 4) una mezcla de componentes, 5) un proceso en el que intervienen bacterias sin un papel activo, 6) un proceso donde las bacterias tienen un papel activo, y 7) una fermentación. Estos modelos se han ordenado de menor a mayor grado de proximidad con el modelo escolar empleando dos criterios: 1) se considera que los modelos que mencionan bacterias son más avanzados que los que no lo hacen, y 2) dentro de aquellos, los modelos se ordenan según el papel que otorgan a las bacterias en el proceso de transformación de leche en yogur, es decir, si las bacterias interactúan o no con otros componentes de la leche y, en caso afirmativo qué tipo de interacción se produce.

Ver tabla en la página siguiente:

	Modelo	Estudios que lo identifican	Tarea 1 (Ámbito macroscópico)				Tarea 2 (Ámbito micro y submicroscópico)			
			Frecuencia		Porcentaje (%)		Frecuencia		Porcentaje (%)	
			2º ESO	3º ESO	2º ESO	3º ESO	2º ESO	3º ESO	2º ESO	3º ESO
No mencionan las bacterias	A través de procesos mecánicos (en una fábrica o con máquinas) (Modelo 1)		4	4	5.1	5.3	0	0	0	0
	La transformación es entendida como un proceso físico muy semejante a un cambio de estado (Modelo 2)	Díaz et al. (1996) Moreno-Arcuri (2010)	21	22	26.9	29.3	11	9	14.1	12.2
Mencionan las bacterias	El proceso de fermentación implica un aumento en el número de bacterias (Modelo 3)		0	0	0	0	2	1	2.6	1.4
	El proceso se muestra como una mezcla macroscópica de leche, azúcar, ácido láctico y bacterias (Modelo 4)		7	9	9.0	12.0	11	10	14.1	13.5
	La transformación entendida como un proceso físico en el que aparecen las bacterias, sin que éstas interaccionen con las demás moléculas (Modelo 5)	Simonneaux (2000)	8	4	10.3	5.3	3	3	3.8	4.1
	Bacterias como aglutinante de las otras moléculas. Las bacterias tienen un papel activo que consiste en juntar las moléculas que están separadas en la leche (Modelo 6)		0	0	0	0	6	8	7.7	10.8
No explican	Implica un proceso en el que la leche se fermenta cuando se le añade bacterias, pero sin indicar que la fermentación es un proceso químico que transcurre a través de una reacción química (Modelo 7)	Simonneaux (2000) Sánchez (2005)	18	17	23.1	22.7	3	3	3.8	4.1
	No se explica el proceso / no se entiende el proceso		20	19	25.6	25.3	42	40	53.8	54.1
Total			78	75	100	100	78	74	100	100

Tabla 1. Modelos mentales de la transformación de leche en yogur en los ámbitos macro y micro/submicroscópico identificados.

Todos los modelos aparecen en los dos cursos (2º y 3º de E.S.O.) a los que corresponden las edades de los estudiantes participantes, lo que parece indicar que están extendidos en la muestra estudiada. Además, cuatro modelos se detectan en los dos niveles (macro y micro/submicroscópico).

Como puede observarse en la tarea 1 asociada, aunque no de forma exclusiva, al ámbito macroscópico, se han podido identificar cinco modelos (1, 2, 4, 5 y 7), mientras que en la tarea 2 relativa al ámbito micro/submicroscópico se encontraron seis modelos (todos excepto el modelo 1).

Destaca en ambas tareas el elevado porcentaje de estudiantes de los dos cursos que no las resuelven, en torno al 25% en la tarea 1 y al 54% en la tarea 2. Al recogerlas, la investigadora preguntó por este hecho, indicándole los estudiantes que desconocían la respuesta, muestra de la dificultad que supone para ellos representar un fenómeno especialmente en el ámbito submicroscópico.

Otro aspecto a destacar es que, en prácticamente todas las categorías encontradas en las dos tareas, los porcentajes de respuestas son muy similares en ambos cursos, mostrando la prueba estadística de chi cuadrado que no existen diferencias significativas entre las ideas manifestadas por los alumnos de 2º y 3º de E.S.O.

Si realizamos un análisis detallado de los resultados, se observa que el modelo predominante de los estudiantes de 2º y 3º de E.S.O. en ambos niveles de organización de la materia es un modelo donde no intervienen bacterias y que no implica una transformación, sino más bien un cambio de estado que no altera la naturaleza del producto (modelo 2). Díaz et al. (1996) y Moreno-Arcuri (2010) también encontraron este modelo en sus estudios.

En el ámbito macroscópico, la segunda categoría en cuanto a su presencia, es aquella en las que el proceso se produce a través de una transformación, pero sin explicar el proceso (modelo 7), un modelo ya identificado por Simonneaux (2000) y Sánchez (2005). Sin embargo, a pesar de tratarse del modelo más cercano al modelo escolar, tiene una escasa presencia en el ámbito micro/submicroscópico.

Cabe resaltar el porcentaje de estudiantes que emplea el término bacterias en el nivel macroscópico (un 10% en 2º de E.S.O. y un 5% en 3º de E.S.O.), lo que no supone que este término no sea conocido por el resto de alumnos.

Las respuestas con menor frecuencia en el nivel macroscópico en ambos cursos se refieren a que la transformación implica procesos mecánicos, el modelo más simple y que desaparece en el ámbito submicroscópico.

2.2. Resultados de la pregunta de investigación 2.

P2: ¿Cómo integrar las prácticas científicas de argumentación, modelización e indagación en una SEA basada en el consumo y elaboración del yogur como contexto?

Se ha elaborado un esquema para el diseño de SEAs que integre el enfoque de enseñanza en contexto con las prácticas científicas de argumentación, indagación y modelización (**Contribución 2**). Este esquema se ejemplifica en el diseño de una SEA para tratar las reacciones de fermentación en el contexto del consumo y elaboración de yogur con estudiantes de 14-15 años (**Contribuciones 2 y 3**).

2.2.1. Un esquema para el diseño de SEAs

La utilización de diversas prácticas científicas en una misma SEA se justifica desde la premisa de que los enfoques de enseñanza, por separado, presentan planteamientos parciales y limitados lo que hace difícil y poco realista cualquier intento por extender su uso en las aulas promoviendo su empleo en una parte importante del profesorado.

En un enfoque integrado, como el que se pretende, no se trata sólo de que problemas relevantes de la vida diaria constituyan el eje estructurador de las propuestas didácticas, sino de que estas propuestas favorezcan que los estudiantes además de mejorar la comprensión de estos problemas, que en un principio les podría resultar difícil de comprender y asimilar (Prins, 2010), le ayuden a desarrollar sus capacidades de argumentar, indagar y modelizar. Por ello, un aspecto importante en el proceso enseñanza-aprendizaje es delimitar qué modelo científico y que actividades de modelización se pretende abordar a través de los modelos que se plantean en una SEA. Si el estudiante no solo se limita a comprender, entender el conocimiento científico a través del modelo, sino que además es capaz de modificar esos modelos o aplicarlos en otras áreas, significa que habrá adquirido habilidades y competencias esenciales en la enseñanza de las ciencias, distanciándose de la memorización de las teorías, leyes e hipótesis que suelen ser habituales en las clases de aparecen en el currículo de ciencias (Aragón, 2013). En el caso de la indagación, si es capaz de llegar a la solución de un problema de su vida cotidiana significará que habrá adquirido las competencias científicas asociadas (Franco-Mariscal, 2015). De la misma forma, si propone argumentos a través de evidencias está desarrollando las competencias relacionadas con el pensamiento crítico (Osborne, 2016).

El marco para diseñar la SEA comprende tres pasos (figura 2): formulación de los principios de diseño (PD), diseño de la instrucción estructural (DI) y diseño de las actividades de aprendizaje.

Ver figura en la página siguiente:

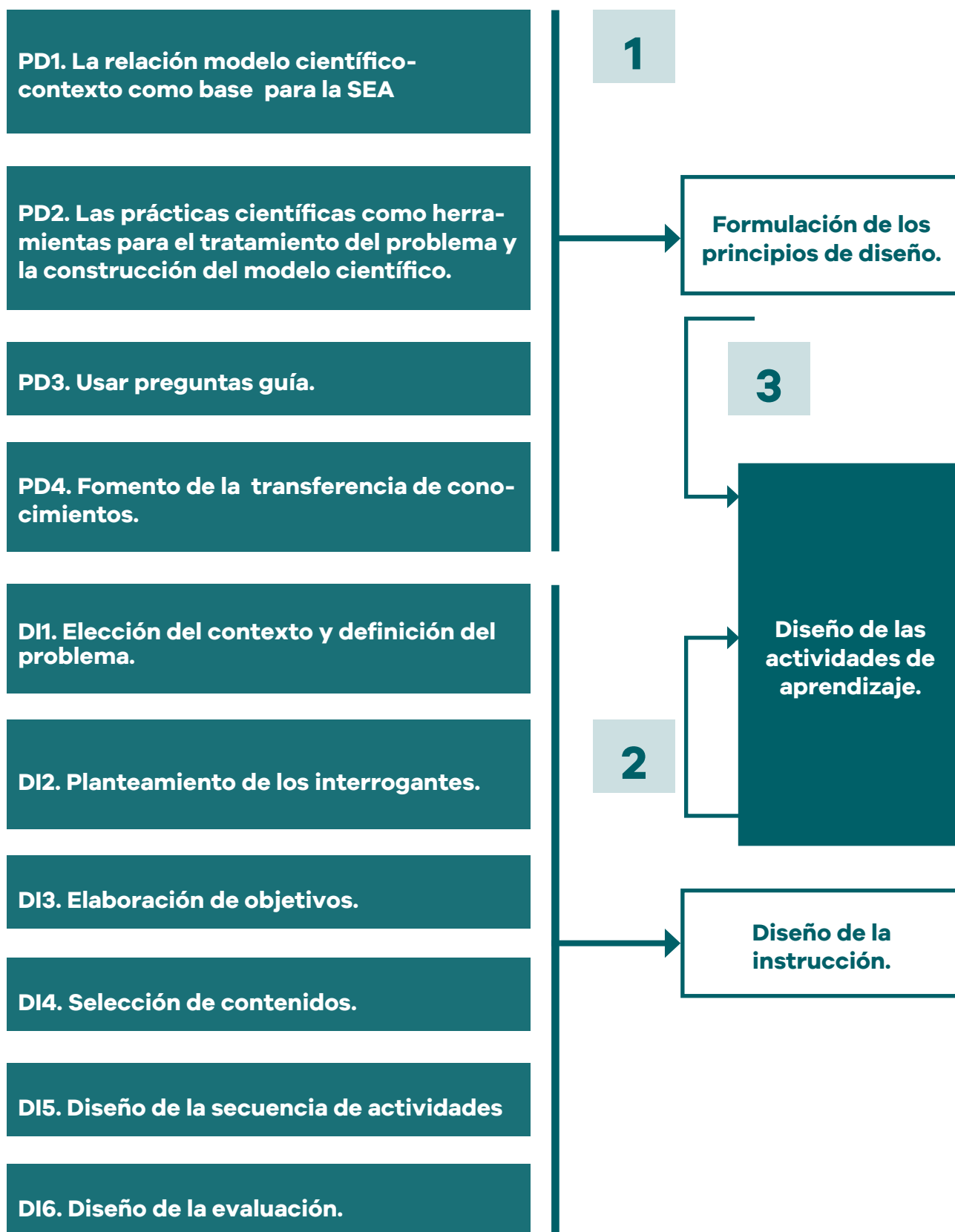


Figura 2. Etapas seguidos para el diseño de una SEA

Es cada vez más común en el campo educativo representar el conocimiento del diseño y el conocimiento teórico como principios de diseño que surgen de la investigación para informar las actividades de diseño (Kortland y Klaassen, 2010).

Los principios de diseño se refieren a los aspectos pragmáticos de la práctica al mismo tiempo que informan las teorías del aprendizaje. La investigación sobre la integración del conocimiento ha llevado a diseñar principios que van desde la localización a aspectos específicos del aprendizaje o el establecimiento de principios más generales que incluyen contextos o guían los aspectos más universales de la enseñanza (Bell, Hoadley y Linn, 2004). Los principios de diseño varían ampliamente, y algunos se consideran más generales y otros más específicos. En el caso de las SEAs, los principios específicos que resumen los resultados de una investigación específica basada en el diseño son de particular importancia. Estos principios se convierten posteriormente en el punto de partida para nuevos diseños (Bell, Hoadley y Linn, 2004). En resumen, los principios de diseño son las características que ayudan a los diseñadores educativos a preparar una SEA, comprenderla, cuestionarla, evaluarla y mejorarla.

A la luz de lo anterior, consideramos cuatro principios de diseño (figura 2) importantes para el diseño de SEAs que tengan como objetivo integrar la contextualización y las prácticas científicas, los cuales se describen a continuación.

2.2.1.1. Principio 1. La relación modelo científico-contexto como base para la SEA

Este principio tiene como objetivo asegurar que los problemas relevantes de la vida diaria representen la base de la SEA y que asegure que los estudiantes mejoren su comprensión de estos problemas, que inicialmente pueden resultar difíciles de comprender y asimilar (Prins, 2010).

Algunos criterios importantes para la elección del contexto incluyen su relevancia para la vida diaria, su relación con el currículo, con importantes modelos de la ciencia escolar y con el trabajo práctico. En cuanto al modelo, debe relacionarse con el contexto de manera adecuada, determinando sus objetivos, cómo se construirá en el aula y cómo será analizado y evaluado (Gilbert y Justi, 2016).

2.2.1.2. Principio 2. Las prácticas científicas como herramientas para el tratamiento del problema y la construcción del modelo científico

Al integrar los enfoques propuestos, se busca que las prácticas científicas sean consideradas herramientas para el tratamiento del problema y para la construcción del modelo científico, más que utilizar esquemas de desarrollo para cada práctica científica como enfoques aislados. Como tal, el tratamiento educativo del problema y modelo son aquellos que especifican los aspectos específicos de las prácticas científicas que se utilizarán y la etapa durante la SEA en la que deben introducirse.

Tratamiento de la modelización

Para caracterizar las actividades de modelización utilizadas en la SEA se han tenido en cuenta varios marcos teóricos recogidos en la literatura (Acher, 2014; Gilbert y Justi, 2016; Schwarz

et al., 2009). Estos marcos teóricos coinciden en cuanto a la importancia de partir de los modelos iniciales del alumnado de manera que, una vez representados en diferentes formas (dibujos, representaciones, diagramas, verbalmente o matemáticamente), los mismos estudiantes deben compararlos para comprender cómo se asemeja su modelo a la realidad.

Schwarz et al. (2009) proponen cuatro tipos de tareas en la práctica de modelización de menor a mayor complejidad: (a) Construir modelos consistentes con evidencia admisible y teorías sobre cómo ilustrar, explicar y predecir fenómenos, (b) utilizar modelos para ilustrar, explicar y predecir fenómenos, (c) comparar y evaluar la capacidad de diferentes modelos tanto para representar adecuadamente y capturar patrones en fenómenos como para predecir nuevos y, (d) revisar modelos de manera que se incremente su potencial explicativo o predictivo, considerando pruebas adicionales o nuevos aspectos en los mismos fenómenos o en otros similares.

Tratamiento de la indagación

Para incluir la indagación en la SEA se ha tomado como referencia el trabajo de Franco-Mariscal (2015) que analiza diferentes propuestas de indagación y las relaciona con las competencias científicas implicadas. De acuerdo con este estudio, las competencias asociadas a la práctica científica de indagación pueden agruparse en siete dimensiones en torno a: (a) la pregunta de investigación, (b) la gestión de la información, (c) la planificación y diseño de la investigación, (d) la recopilación de datos y procesamiento, (e) el análisis de datos y la emisión de conclusiones, (f) la comunicación de resultados, y (g) la actitud crítica o reflexión y el trabajo en equipo.

Tratamiento de la argumentación

La progresión del aprendizaje propuesta por Osborne, Henderson, MacPherson, Szu, Wild, y Yao (2016) se considera apropiada para caracterizar las tareas de argumentación. Esta progresión diferencia dos dimensiones relacionadas con la construcción o crítica de argumentos, identificándose diferentes niveles de dificultad en cada una de ellas. Así, en la construcción de argumentos se distinguen, entre otros, los niveles de construir de una conclusión, proporcionar pruebas, construir una justificación, construir un argumento completo, proporcionar un contraargumento alternativo o proporcionar una contracrítica. De manera similar, en la crítica de argumentos se distingue entre la identificación de una afirmación, la identificación de pruebas, la provisión de un contraargumento alternativo, y la construcción de un contra-argumento con justificación.

2.2.1.3. Principio 3. Uso de preguntas guía

Krajcik, Reiser, Sutherland y Fortus (2007) coinciden en que una pregunta guía permite anclar la SEA en un contexto significativo para los estudiantes de secundaria. Estas preguntas guías deben ser preguntas ricas y abiertas y deben usar un lenguaje cotidiano para conectar el aprendizaje de las ciencias con los intereses y curiosidades de los estudiantes (Blumenfeld y Krajcik, 2006). Asimismo, deben ser preguntas significativas, valiosas, factibles y relacionadas con el mundo real (Krajcik y Czerniak, 2007). La pregunta guía debe ser el hilo central que conecta todos los conocimientos y habilidades, y crea la necesidad para la

comprensión científica (Edelson, 2001) con una búsqueda de respuestas y soluciones, que se debe resolver al concluir la SEA.

Son precisamente estas conexiones, lo que permitirá en un futuro transferir este conocimiento a otras situaciones de su vida diaria. De este modo, la pregunta guía juega un papel central en la organización del aprendizaje de los estudiantes. Otro aspecto importante es ayudar al alumnado a resolver la pregunta guía a través de otros interrogantes concretos que en la SEA están asociados a cada una de las actividades, dotándolas así de un sentido claro.

2.2.1.4. Principio 4. Fomento de la transferencia del conocimiento

La transferencia de conocimiento es uno de los problemas de aprendizaje más relevantes (Georghiades, 2000). Para favorecerla es importante ayudar al alumnado a trasladar lo aprendido a otros contextos (Marchán y Sanmartí, 2015). El estudio de Salmerón (2013) sobre la efectividad de los distintos métodos instructivos al fomentar la transferencia de aprendizajes cuestionó la eficacia de diversos métodos de instrucción tradicionales (clase expositiva o elaboración de resúmenes) para promover la transferencia indicando que son necesarios métodos más innovadores para cumplir este objetivo. Algunos métodos propuestos en la literatura para promover la transferencia son el análisis o comparación de casos (Schwartz y Bransford, 1998), la discusión en pequeño grupo (Sampson y Clark, 2009), la estrategia centrada en la tarea (Merrill, 2007) -compartida por distintos modelos de instrucción como el aprendizaje basado en problemas o proyectos (Barron et al., 1998)-, o el fomento de la autonomía en el aprendizaje (Hagger, Chatzisarantis, Culverhouse y Biddle, 2003).

2.2.2. Etapa 2. Diseño de la instrucción

La segunda etapa consiste en trasladar los principios de diseño a una estructura que ayude a la identificación y secuenciación de las tareas que dan sentido a la secuencia de actividades. Existen diferentes formas de abordar el diseño de la instrucción. En este estudio se utiliza el esquema propuesto por Blanco-López, España-Ramos y Franco-Mariscal (2016) para el tratamiento de problemas y/o situaciones de la vida diaria con el fin de desarrollar las competencias de los estudiantes. Este diseño de la instrucción consta de seis etapas: (DI1) elección del contexto y definición del problema, (DI2) planteamiento de interrogantes, (DI3) elaboración de objetivos, (DI4) selección de conocimientos, (DI5) diseño de la secuencia de actividades y (DI6) diseño de la evaluación (Figura 2).

2.2.3. Etapa 3. Diseño de las actividades de aprendizaje

El diseño de las actividades de aprendizaje contenidas en la SEA se llevó a cabo combinando los principios de diseño y las etapas definidas para el diseño de la instrucción. Además, para que una SEA sea transferible a la práctica habitual del profesorado de ciencias de secundaria hay que tener en cuenta otras variables de contexto (Lumpe, Haney y Czerniak 2000). Entre ellas destacan la necesidad de diseñar la SEA con un número de sesiones de clase no muy elevado para que el profesorado pueda implementarla como parte de su programación habitual, atender a las características del alumnado, y llevarla a cabo con los recursos disponibles en los centros educativos.

2.2.4. Aplicación del esquema propuesto para el diseño de la SEA “¿Es necesario tomar yogur?”

Utilizando el esquema descrito anteriormente se diseñó la SEA *¿Es necesario tomar yogur?* (**Contribución 2**) y cuyos aspectos más destacados se presentan en la Tabla 2. La SEA integra tres prácticas científicas (argumentación, indagación y modelización) a través de planteamientos didácticos de la enseñanza basada en contexto, lo que posibilitaría acercar la ciencia escolar a los estudiantes, pero sin perder de vista que, al lado de ello, éstos deben construir y utilizar modelos de la ciencia escolar que les permitan situarse en el mundo y comprenderlo, a la vez que desarrollan destrezas experimentales y argumentativas de indagación propias de la actividad científica.

En la integración de las prácticas científicas que se propone en la SEA no se trata de utilizar esquemas de desarrollo de cada una de ellas como enfoques aislados, sino que dichas prácticas sean consideradas como herramientas para tratar el problema y para construir el modelo científico. Por tanto, el tratamiento didáctico del problema y el modelo son los que articulan los aspectos concretos de las prácticas científicas que se utilizarán y del momento en los que deben aparecer en la SEA.

En el diseño de la SEA, y también durante su implementación en el aula, se prestó especial atención al uso de cada práctica para que el alumnado alcanzara a comprender aquellas situaciones de la vida cotidiana relacionadas con fenómenos científicos, que en un principio les podía resultar incompresibles y de difícil asimilación.

Para abordar estos tres factores al diseñar una SEA sobre la elaboración de yogur, se partió de un esquema que implica tomar decisiones en, al menos, seis dimensiones (Tabla 2).

Modelos escolares y su progresión	Contemplar los diversos modelos que los estudiantes pueden tener sobre la fermentación láctica, hasta llegar al modelo escolar de referencia.	
Contexto	Elementos del contexto que se van a utilizar en el desarrollo de la SEA para ayudar al desarrollo de los modelos y a las prácticas de indagación y argumentación.	
Práctica científica	Modelización	<ul style="list-style-type: none"> - Construir modelos. - Revisar modelos. - Utilizar modelos. - Comparar y evaluar modelos.
	Indagación	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis de datos y emisión de conclusiones. - Diseño de la investigación. - Recogida y análisis de datos. - Análisis de datos y emisión de conclusiones. - Manejo de la información.
	Argumentación	<ul style="list-style-type: none"> - Construir un argumento. - Proponer un contraargumento. - Identificación de pruebas.
Enseñanza-aprendizaje	Todas aquellas decisiones sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje: actividades de enseñanza que se van a utilizar, secuenciación de las mismas, estrategias didácticas, etc.	

Tabla 2. Dimensiones propuestas para diseñar la SEA.

El eje articulador de la SEA (PD1) se centra en un contexto relevante -alimentación y salud- y en un problema concreto como es el consumo de yogur, en cuyo abordaje los estudiantes pueden utilizar un modelo importante en la ciencia escolar -una transformación química producida por microorganismos- y poner en práctica la elaboración de un yogur a través de la indagación y tomar la decisión de si es necesario su consumo utilizando la argumentación.

De los muchos y muy variados aspectos que se podrían utilizar de este producto alimentario, en la SEA que aquí se presenta se ha optado por elegir la necesidad o no de su consumo. Se ha tomado esta opción por las siguientes razones: a) su cotidianidad y la extensión de su consumo en nuestro país hace que los estudiantes quizás no se hayan planteado esta cuestión, y b) la presión de la publicidad sobre este producto hace que lleguen a los estudiantes gran cantidad de mensajes e información en las que se magnifican sus ventajas alimenticias.

Esta SEA se centra en la modelización de la reacción química de fermentación láctica. La modelización se introduce cuando los estudiantes previamente han argumentado sobre la necesidad de tomar yogur y tras realizar una actividad de indagación para identificar los ingredientes necesarios para su elaboración. La modelización pretende ayudar al estudiante a conocer cómo ocurre la transformación de leche en yogur a nivel microscópico y a través de la elaboración de diferentes modelos que debe ir mejorando hasta acercarse al modelo escolar de referencia. La SEA ofrece oportunidades para desarrollar los distintos tipos de tareas de modelización propuestas por Schwarz et al. (2009). Aunque el modelo de fermentación constituye un modelo complejo desde un punto de vista conceptual, se gana en la importancia que este modelo puede tener para explicar fenómenos cotidianos y de interés para los estudiantes como la elaboración del yogur.

La indagación ofrece al alumnado oportunidades para diseñar y elaborar yogur en el aula y entender de primera mano cómo tiene lugar el proceso, ya que deben plantear hipótesis, diseñar experimentos, recoger datos y analizarlos, etc. Permite asimismo estudiar las bacterias (García-Barros, Martínez y Mondelo, 1997) y llevar a cabo prácticamente todas las dimensiones de la indagación según el enfoque de Franco-Mariscal (2015), excepto el planteamiento de la investigación (¿cómo elaborar un yogur casero?) que lo propone la profesora. Además, la indagación se presenta como una herramienta para que los estudiantes puedan mejorar y revisar sus modelos con otras variables que quizás no hayan tenido en cuenta en sus modelos iniciales (PD2).

La argumentación juega un papel importante en los momentos iniciales y finales de la SEA. Inicialmente, para interesar e implicar a los estudiantes en el problema que se les plantea, y para que expongan, de forma justificada, sus ideas previas sobre la pregunta que guía la SEA (PD3), y en la parte final de la SEA para que tomen una decisión justificada sobre si el yogur es o no un alimento saludable. Asimismo, se vincula con las actividades de indagación propuestas en la SEA (PD2), que contemplan algunas de las tareas de argumentación recogidas en los niveles más simples de la propuesta de Osborne et al. (2016).

La figura 3 muestra los conocimientos abordados en la SEA y su relación con las prácticas científicas (PD2).

Ver en la página siguiente:

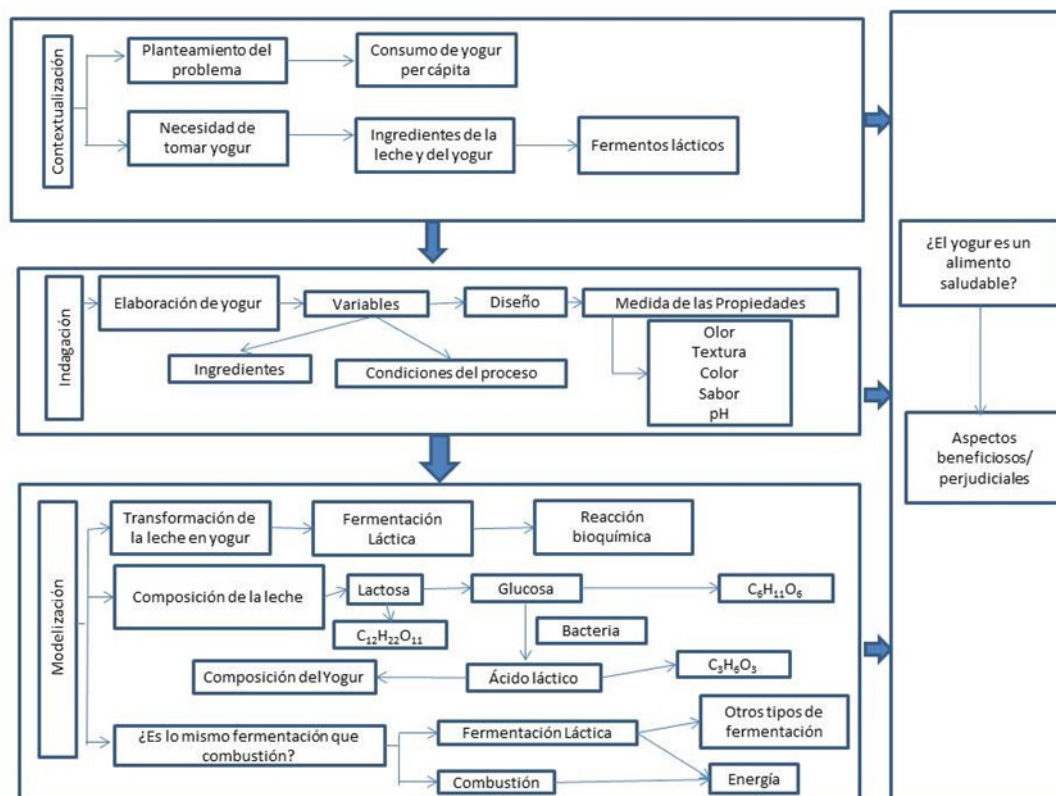


Figura 3. Esquema de los contenidos de la SEA.

Como se aprecia (figura 3), la SEA plantea conocimientos relevantes sobre el yogur (su consumo, su composición o estudios sobre sus beneficios o perjuicios para la salud) que tienen que ayudar a que los estudiantes puedan tomar decisiones argumentadas relacionadas con hábitos de vida saludables.

Por último, la Tabla 3 recoge para cada una de las fases del proceso de aprendizaje, las tareas planteadas vinculándolas a las preguntas guía y a las prácticas científicas.

Ver en la página siguiente:

Fase del proceso de aprendizaje	Preguntas guía del contexto	Descripción de la tarea	Práctica científica	Elemento de la práctica científica
Orientación y explicitación de ideas previas sobre el contexto	¿Cuáles son mis ideas sobre el consumo de yogur? (Sesión 1)	0. Los estudiantes responden un cuestionario para hacer explícitas sus ideas previas sobre diferentes aspectos del consumo de yogur, entre ellos, sus argumentos sobre lo si consideran un alimento saludable	Argumentación	Construir un argumento completo
	¿Se consume mucho yogur en España? (Sesión 1)	1. A partir de datos de consumo de leche fermentada y yogures en España, los estudiantes deben argumentar si el consumo de leche fermentada y yogur lo consideran bajo o elevado, así como explicar por qué es mayor en hogares formados por parejas entre 35 y 49 años, con hijos.	Argumentación	Construir un argumento completo
	¿Crees que es necesario tomar yogur? (Sesión 1)	2. A partir de varias ideas sobre la necesidad o no de tomar yogur manifestada por otros chicos y chicas de su edad, los estudiantes deben justificar razonadamente con cuál/cuáles de las opiniones están en acuerdo o des-acuerdo. Tras una puesta en común, deben indicar si se mantiene su postura inicial o, por el contrario, ha cambiado.	Argumentación	Proponer un contra-argumento alternativo
	¿Qué hace falta para elaborar yogur? (Sesión 2)	3. A partir de varias etiquetas de leche y yogur que los estudiantes han recopilado, deben deducir qué ingredientes tienen en común leche y yogur, cuáles son imprescindibles para elaborar yogur, y constatar si alguna de las etiquetas no incluye los fermentos, a pesar de ser un ingrediente imprescindible.	Indagación	Análisis de datos y emisión de conclusiones
	¿Cómo te imaginas el proceso de transformación de la leche en yogur? (Sesión 3)	4. Los estudiantes deben crear un modelo de cómo tiene lugar la transformación de leche en yogur explicando cómo se imaginan que las bacterias transforman el azúcar de la leche en ácido. El modelo debe contener un dibujo y una explicación. Partiendo de este modelo, se pide justificar las variables que se deben controlar en la elaboración de yogur. Finalmente, se realiza una puesta en común para establecer opiniones y diferencias entre los distintos modelos propuestos.	Modelización	Construir modelos
Desarrollo de prácticas científicas y construcción del conocimiento desde el contexto.	¿Cómo elaborar un yogur casero? (Sesión 4)	5. Los estudiantes deben diseñar un experimento para elaborar yogur en clase. Para ello, se demanda establecer las variables implicadas (independientes y controladas) y a partir de ellas diseñar varios experimentos que se podrían realizar.	Indagación	Planificación y diseño de la investigación
	¿Cómo valoramos las propiedades del producto obtenido? (Sesión 4)	6. Los estudiantes deben decidir qué propiedades (variables dependientes) pueden utilizar para valorar si el yogur obtenido es bueno. A continuación, deben diseñar procedimientos para evaluar estas propiedades, pudiendo hacer una búsqueda en la web sobre diferentes escalas (de color, sabor, etc.).	Indagación	Planificación y diseño de la investigación
	Elaborando yogur (Sesión 5)	7. Los estudiantes elaboran tres yogures en el laboratorio a partir de los diseños realizados y haciendo uso de una yogurtera. Una vez mezclados los componentes, los alumnos miden las propiedades que pretenden evaluar tanto en la mezcla inicial como en un yogur comercial, que utilizarán como producto de control.	Indagación	Recogida y procesamiento de datos

	¿He obtenido yogur? (Sesión 6)	8. Al día siguiente, una vez obtenidos los productos, vuelven a medir las propiedades. Teniendo en cuenta las propiedades del yogur comercial, mezcla inicial y producto final deben explicar qué ha cambiado, qué ha permanecido igual, si el producto obtenido es o no yogur, si ha sucedido lo mismo en las tres muestras y cuáles son las condiciones en las que se ha obtenido yogur.	Indagación	Recogida y procesamiento de datos. Análisis de datos y emisión de conclusiones
	¿Cómo modelizamos ahora lo sucedido? (Sesión 7)	9. Después de haber fabricado yogur, los estudiantes deben reflexionar si el modelo inicial que propusieron es adecuado, y en su caso, modificarlo incluyendo otras variables. Para ello, se pide elaborar un nuevo modelo realizando un dibujo y una explicación. Se realiza una puesta en común para establecer opiniones y diferencias entre los modelos propuestos. Una vez revisados los modelos más representativos de la clase, deben indicar qué característica tiene su modelo y qué le falta.	Modelización	Revisar modelos Construir modelos
	¿Cómo lo explica la ciencia? (Sesión 8)	10. El profesor presenta el modelo escolar de referencia de la fermentación láctica centrándose sus explicaciones en la leche, las bacterias, la transformación y el yogur, desde los puntos de vista macroscópico, microscópico y submicroscópico.	Modelización	Utilizar modelos
	¿Es mi modelo adecuado? (Sesión 8)	11. Los alumnos deben comparar su modelo mejorado con el modelo escolar, justificando qué aspectos consideran adecuados e inadecuados en su modelo.	Modelización	Comparar y evaluar modelos
	¿Es lo mismo fermentación que combustión? (Sesión 8)	12. Los alumnos deben comparar las reacciones químicas de fermentación láctica y combustión y establecer conclusiones en términos de diferencias y similitudes.	Indagación	Análisis de datos y emisión de conclusiones
Aplicación y transferencia	¿Conoces otros alimentos fermentados? (Sesión 8)	13. Los alumnos deben buscar información en Internet sobre cómo sucede la fermentación de otros alimentos. En concreto, para el vinagre, cerveza, queso y otros productos a elegir, deben indicar el tipo de fermentación que tiene lugar, el producto inicial y final, el tipo de microorganismos y la reacción química. Así mismo se solicita indicar las fuentes de información utilizadas.	Indagación	Gestión de la información
	¿Es el yogur un alimento saludable? (Sesión 9)	14. Los alumnos deben leer y debatir sobre el contenido de dos artículos con información contradictoria sobre el yogur como alimento saludable 2,3 y extraer la idea principal de cada texto, las evidencias que aportan para apoyar sus ideas, y dar una respuesta justificada sobre si es necesario o no tomar yogur.	Argumentación	Identificar pruebas. Construir un argumento completo
Toma de decisiones				
		<p>1 http://www.agro-alimentarias.coop/ficheros/doc/04670.pdf</p> <p>2 Eroski Consumer (2003). "Beneficio del consumo de yogur para los deportistas de élite". http://www.consumer.es/web/es/alimentacion/aprender_a_comer_bien/deporte/2003/09/16/65734.php</p> <p>3 El Correo (2015). "Tomar yogur a diario no mejora la salud". http://www.elcorreo.com/bizkaia/sociedad/201505/24/tomar-yogur-diario-mejora-20150522120113.html</p>		

Tabla 3. Fases del proceso de aprendizaje, preguntas guía del contexto, descripción de actividades y prácticas científicas.

2.2.5. Implementación de la SEA

La SEA se implementó con 25 estudiantes pertenecientes a dos institutos de educación secundaria de Málaga, uno en una ciudad costera de la provincia (grupo A, N=14) y otro en la capital (grupo B, N=11). 13 eran chicas y 12 chicos, y sus edades estaban comprendidas entre 14 y 17 años. Se empleó un total de 9 sesiones de 1 hora que tuvieron lugar en el aula, a excepción de la elaboración de yogur que se llevó a cabo en el laboratorio. El alumnado dispuso de un cuadernillo de trabajo impreso que incluía todas las tareas de la SEA y espacios para cumplimentar sus respuestas y hacer anotaciones. Respecto a la metodología empleada, los estudiantes comenzaban trabajando de forma individual o en pequeño grupo, y luego compartían sus ideas y resultados en una puesta en común con toda la clase.

2.3. Resultados de la pregunta de investigación 3

P3: ¿Cómo evolucionan los modelos de los estudiantes de secundaria de 4º de E.S.O. sobre la transformación de la leche en yogur en el desarrollo de la SEA?

Para conocer la evolución del modelo de transformación de leche en yogur que propone el alumnado, se analizaron cuatro momentos de la SEA en las que se pidió que explicasen esta transformación (**Contribución 2**).

El primer momento fue antes de la SEA (pre-test), mientras que el segundo momento se planteó a través de la tarea 4 una vez que conocían la composición del yogur y las variables que intervienen en el proceso. El tercer momento fue después de la elaboración de yogur casero en el laboratorio (tarea 9) y el cuarto, al final de la SEA (post-test), una vez conocido el modelo científico.

La identificación y categorización de los modelos de los estudiantes se llevó a cabo con un análisis pormenorizado de las respuestas de los estudiantes para cada momento, identificando en ellas posibles modelos. Para ello, se realizó una lectura de las respuestas, y mediante un proceso inductivo e iterativo emergieron las diferentes categorías, analizando tanto los dibujos como las explicaciones que ofrecían los estudiantes de forma conjunta en cada momento, a partir de las cuales se pudieron identificar los posibles modelos subyacentes.

Un modelo escolar simplificado sobre este proceso implica tres fases (figura 4), en cada una de cuales se debe identificar el agente y el mecanismo. En cada fase el agente es el responsable que se produzca el proceso que ocurre y el mecanismo explica cómo se ha producido.

Ver figura en la página siguiente:

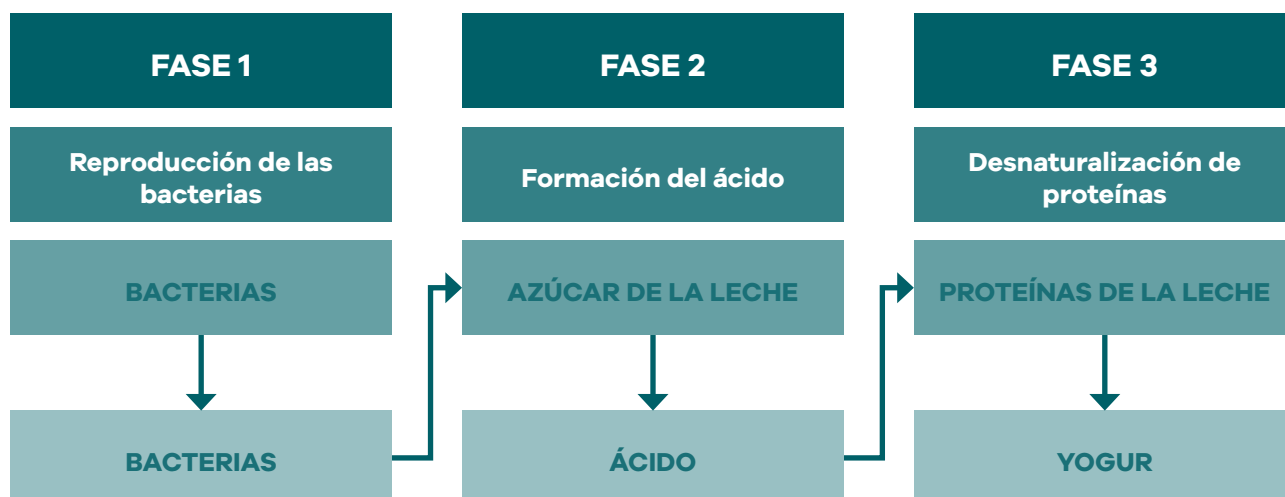


Figura 4. Esquema del modelo escolar de la transformación de leche en yogur.

Se considera que un modelo sobre la transformación de leche en yogur debe incluir las tres fases mencionadas (figura 4) y en cada una de ellas indicar el agente y el mecanismo.

De esta forma son posibles cuatro tipos de modelos diferentes según el agente:

- (1) Modelos en el que no se menciona el agente.
- (2) Modelos en los que el agente no se corresponde con el agente adecuado según la fase (las bacterias en las fases 1 y 2, y el ácido en la fase 3).
- (3) Modelos en los que aparece el agente adecuado con otros.
- (4) Modelos que sólo recogen el agente adecuado.

A su vez, cada uno de estos modelos puede incluir cuatro submodelos teniendo en cuenta el mecanismo:

- (A) Sin especificar.
- (B) Transformación física (mezcla o cambio de estado).
- (C) Transformación biológica (alimentación o digestión).
- (D) Transformación química.

Todas estas combinaciones serían posibles en las tres fases.

Los modelos identificados para cada una de las fases, así como la frecuencia de respuestas en cada uno de los momentos analizados se recogen en la Tabla 4 en la que se presentan dichos modelos en un orden creciente de su acercamiento al modelo escolar dentro de cada fase. Cada modelo se indica con un código de dos números, que hacen referencia a la fase y al agente, respectivamente, y una letra que alude al mecanismo. El modelo de cada estu-

diante está constituido por la combinación del modelo de cada una de las fases a las que hace referencia en su respuesta.

Sólo se encontró un modelo (1.4.C, transformación con mecanismo biológico) que hiciese referencia a la fase 1 del modelo escolar. Este modelo fue mencionado únicamente en los momentos 3 y 4, una vez que los estudiantes habían elaborado el yogur, con una frecuencia de 11 veces.

La fase 2 apareció en todos los momentos con los cuatros modelos y para cada uno de ellos con varios submodelos, resultado de la combinación de distintos agentes y mecanismos. La fase 2 corresponde con la fase del modelo escolar en la que más se centran los estudiantes al plantear su modelo. El modelo 2.4 es el más utilizado y aparece en todos los momentos estudiados. Supone que las bacterias son el único agente activo y los mecanismos o bien no se especifican o pueden ser físicos, biológicos o químicos.

La fase 3 apareció en todos los momentos con una frecuencia intermedia entre las fases 1 y 2. En esta fase el modelo más mencionado fue aquel en el que el ácido como agente activo producía una transformación física (3.4.B).

Fases	Modelos	Agente	Mecanismo de la transformación	Total de estudiantes que citan cada fase	Momentos				Total en los 4 momentos	
					1	2	3	4		
1	1.4.C	Bacterias	Biológica	7	--	--	7	4	11	
2	2.1.B	No se menciona agente	Física	25	2	--	1	--	3	
	2.1.D		Química		1	-	--	--	1	
	2.2.B	Otros agentes distintos a las bacterias	Física		1	1	2	--	4	
	2.2.D		Química		1	--	--	--	1	
	2.3.B	Bacterias y otros	Física		--	3	1	1	5	
	2.3.D		Química		--	1	--	--	1	
	2.4.A	Bacterias	Sin especificar		3	--	--	--	3	
	2.4.B		Física		1	1	7	1	10	
	2.4.C		Biológica		1	2	1	2	6	
	2.4.D		Química		12	15	9	17	53	
3	3.1.A	No se menciona agente	Sin especificar	10	2	--	--	--	2	
	3.1.B		Física		1	--	--	--	1	
	3.1.D		Química		--	1	--	--	1	
	3.2.A	Otros agentes distintos al ácido	Sin especificar		1	--	--	--	1	
	3.2.B		Física		1	1	--	--	2	
	3.2.D		Química		--	1	--	--	1	
	3.3.A	Ácido y otros	Sin especificar		--	--	1	--	1	
	3.4.A	Ácido	Sin especificar		1	--	--	3	4	
	3.4.B		Física		3	--	--	5	8	
	3.4.D		Química		--	1	1	1	3	

Tabla 4. Modelos aportados por los estudiantes en cada momento analizado para cada una de las fases del modelo escolar de referencia.

La comparación de los modelos propuestos por los estudiantes en los momentos 1 y 4 (Tabla 4) muestra el impacto de la SEA al haberse identificado un conjunto de modelos de los estudiantes más amplio y avanzado que los modelos recogidos en la literatura para este proceso (Moreno-Arcuri y López, 2013), centrados fundamentalmente en la fase 2. Los modelos aportados correspondientes a la fase 1 y 3 del modelo escolar, pueden considerarse resultado de la SEA. En concreto, la tarea de elaboración de yogur (momento 3), parece haber ayudado a incluir la fase 1 en sus modelos.

Para tener una visión global de la evolución de los estudiantes en las tres fases, la Tabla 5 recoge posibles situaciones que se han tenido lugar. Para cada fase se indica si se produce una mejora, se mantiene o empeora el modelo respecto al de partida del estudiante. Así, se entiende que en una fase el modelo mejora si el modelo final del estudiante está más cerca del modelo escolar en dicha fase, que se mantiene cuando es el mismo, o que empeora cuando se aleja del modelo escolar.

Fase 1	Fase 2	Fase 3	Frecuencia
--	Mejora	--	7
--	Se mantiene	Mejora	6
--	Se mantiene	--	3
Mejora	Mejora	--	3
--	Mejora	Mejora	2
--	Se mantiene	Empeora	1
--	Empeora	Mejora	1
--	Empeora	--	1
--	Empeora	--	1

Tabla 5. Posibles situaciones en la evolución de los modelos.

Considerando cada una de las fases de forma independiente de la Tabla 4 se deduce que la evolución de los modelos en la fase 2 puede considerarse exitoso puesto que casi la mitad de los estudiantes (12/25) mejoraron sus modelos, mientras que 10/25 estudiantes seguían manteniendo como modelo final el propuesto inicialmente de partida que coincidía con el modelo escolar (2.4.D) (Tabla 4). Sólo tres estudiantes empeoraron su modelo para esta fase.

Por otro lado, los logros de los estudiantes que fueron capaces de identificar la fase 3 del modelo escolar también debe valorarse positivamente puesto que 9/10 estudiantes que mencionaron esta fase mejoraron su modelo. No obstante, solo dos de ellos manifestaron el modelo más próximo al escolar de referencia (3.4.D) al finalizar la SEA (Tabla 4). A pesar de estos notables avances en los modelos de los estudiantes también hay que resaltar que resulta complicado para ellos al final de la SEA mostrar un modelo global que incluya las tres fases del proceso, siendo la fase 1 la que menos aparece en sus modelos.

Los resultados obtenidos muestran la eficacia de la SEA para hacer evolucionar los modelos de los estudiantes, pero se necesitan hacer algunas mejoras en la misma para ayudarles a que sus modelos incluyan las tres fases recogidas en el modelo escolar de referencia.

2.4. Resultados de la pregunta de investigación 4

P4: ¿Qué valoraciones realizan estudiantes de 4º de E.S.O. sobre una SEA que integra prácticas científicas de argumentación, indagación y modelización en el contexto del consumo y elaboración de yogur?

El instrumento utilizado para medir las valoraciones de los estudiantes consta de 8 ítems que demandan aspectos específicos de la SEA (objetivos, enfoques, actividades, implicación del alumnado, grado de aprendizaje, etc.). El alumnado debía responder cada ítem marcando su percepción en una escala Likert de cuatro opciones de menor a mayor acuerdo con el enunciado y justificar su respuesta.

La Tabla 6 recoge los resultados para el conjunto de estudiantes sobre la valoración global de la SEA.

Ítem 1. La forma en la que se ha trabajado en las clases durante la SEA ha sido:			
Prácticamente igual a la de siempre: 2		Han cambiado muchas cosas: 10	
Han cambiado algunas cosas (actividades, forma de relacionarnos en las clases, actuación del profesor): 4		Ha sido totalmente nueva: 9	
Ítem 2. El tema que se ha tratado en la SEA te ha parecido:			
Muy poco interesante: 0	Poco interesante: 0	Interesante: 19	Muy interesante: 6
Ítem 3. En general, durante esta SEA en las clases te has sentido:			
Muy poco implicado: 0	Poco implicado: 1	Implicado: 20	Muy implicado: 4
Ítem 4. Sobre el tema has aprendido:			
Muy poco: 0	Poco: 1	Algo: 6	Mucho: 18
Ítem 5. En general durante esta SEA, sobre ciencia he aprendido:			
Muy poco: 0	Poco: 0	Algo: 18	Mucho: 7
Ítem 6. ¿Te gustaría que la forma de trabajar en las clases de esta asignatura fuera siempre tal y como se ha hecho en esta SEA?			
Sí: 16	No: 0	Depende: 9	
Ítem 7. ¿Cuándo has aprendido más: en esta SEA o en las anteriores de esta asignatura?			
En ésta: 15	En las anteriores: 2	En ambas: 8	

Tabla 6. Resultados para el total de estudiantes de los ítems del instrumento que valoraba la SEA

El análisis de las respuestas reveló que la mayoría de los estudiantes valoró la metodología de la SEA como totalmente nueva porque habían cambiado muchas cosas (20/25 estudiantes), encontrándola todos interesante o muy interesante (ítem 2). La gran mayoría de los estudiantes también indicaron que se sintieron implicados o muy implicados (24/25) durante la SEA (ítem 3).

Respecto al aprendizaje, 18 estudiantes indicaron que habían aprendido mucho sobre el tema de la transformación de leche en yogur (ítem 4), señalando el mismo número que había adquirido algunos conocimientos científicos nuevos (ítem 5). Asimismo, 16 mencionaron que habían aprendido más en esta SEA que en las anteriores (ítem 7).

16 estudiantes indicaron que le gustaría continuar trabajando de este modo en el aula (ítem 8), apoyándose en comentarios como *“es más divertido y se aprende más”* o *“las clases son más amenas y se hacen más cortas”*. No obstante, 9 de ellos dudaban sobre utilizar esta metodología con otro tipo de contenidos, argumentándolo como que algunas veces es más fácil hacer los ejercicios de forma individual.

Se han estudiado posibles diferencias estadísticamente significativas entre grupos (A y B) (Tabla 7) de las valoraciones numéricas dadas a los ítems 1, 2, 3, 4 y 5, del instrumento, formulados mediante escala Likert con cuatro niveles.

			Diferencia entre grupos		
Ítem	Media	Varianza	U de Mann-Whitney	Z	p
1	3.13	0.723	55.500	-1.020	0.308
2	3.13	0.375	61.500	-0.803	0.422
3	3.00	0.348	56.000	-1.303	0.193
4	3.58	0.341	52.500	-1.327	0.185
5	3.29	0.216	66.000	-0.440	0.660

Tabla 7. Estadísticos descriptivos de las respuestas obtenidas por los estudiantes en los ítems de 1 al 5.

Los resultados obtenidos (Tabla 7) muestran en estos ítems que los estudiantes valoraron los distintos aspectos de la SEA de forma muy positiva, con puntuaciones medias superiores a 3. No existen diferencias estadísticamente significativas entre las puntuaciones dadas a cada ítem por cada uno de los grupos. En este sentido, puede indicarse que las valoraciones globales son similares en toda la muestra.

También se han analizado las posibles relaciones entre las puntuaciones otorgadas a distintos ítems. Así, se han encontrado diferencias estadísticamente significativas, que indican que los estudiantes consideran que han aprendido más sobre el tema tratado (elaboración del yogur, ítem 4) que sobre ciencias (ítem 5). Esta diferencia aparece en la muestra global ($Z = -2.111$; $p = 0.035$) y para el grupo A ($Z = -2.236$; $p = 0.025$), y no así en el grupo B. El hecho de enseñar las ciencias en un contexto de la vida diaria parece que hace que los estudiantes muestren una menor valoración de lo que están aprendiendo. Asimismo, también aparecen diferencias estadísticamente significativas globales ($Z = -2.392$; $p = 0.016$), que muestran una relación directa entre el grado de novedad que los estudiantes otorgan a la SEA (ítem 1) y el grado de aprendizaje adquirido sobre el tema tratado (ítem 4).

2.5. Resultados de la pregunta de investigación 5

P5: ¿Qué valoraciones realizan estudiantes de 4º de E.S.O. sobre cada una de las tareas planteadas para cada práctica científica y qué diferencias existen entre estudiantes de dos centros diferentes?

El instrumento usado para medir las valoraciones de los estudiantes para cada práctica científica consistía en fichas de valoración de las distintas tareas en las que debían indicar qué habían aprendido, los aspectos que a su juicio consideraban mejor y peor de la tarea desarrollada, y otorgarle una puntuación de 0 a 10. Los estudiantes cumplieron nueve fichas, una al final de cada sesión, que incluían las 14 tareas de la SEA (Figura 1) ya que algunas de ellas englobaban dos tareas relacionadas con la misma práctica científica realizadas en la misma sesión. Este instrumento permitía realizar una monitorización y seguimiento de las impresiones in situ que los estudiantes manifestaron inmediatamente después de realizar cada tarea.

Para determinar qué práctica científica les resultó más interesante se analizaron las puntuaciones dadas a cada tarea en las fichas de valoración cumplimentada inmediatamente después de cada sesión. La figura 5 presenta las puntuaciones medias en cada tarea, agrupadas por prácticas científicas para cada grupo y para el total de estudiantes.

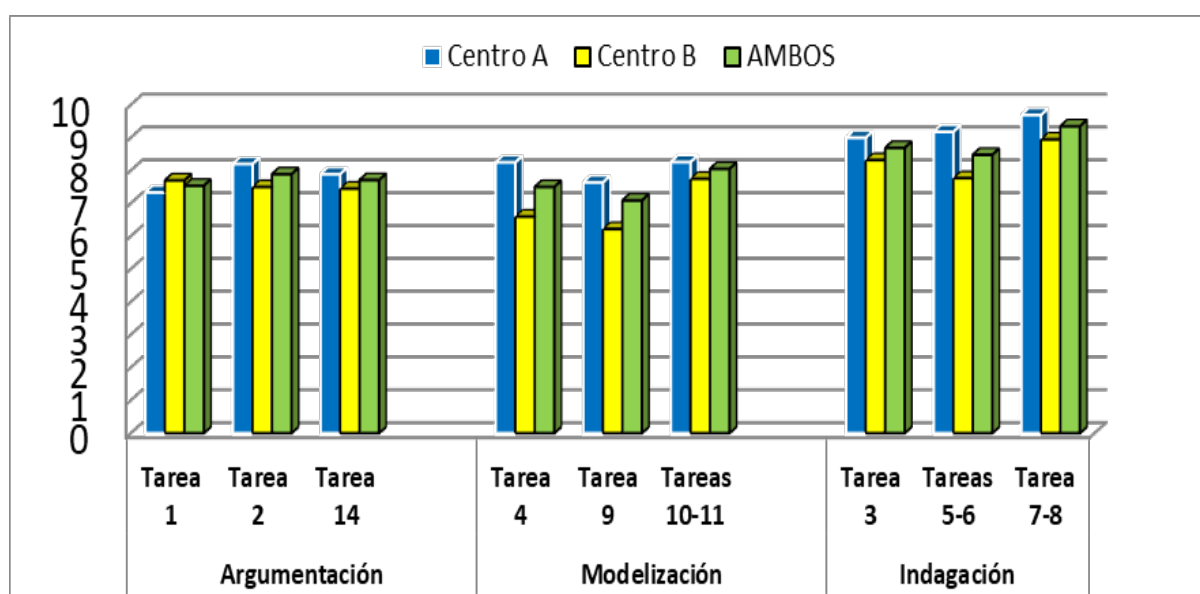


Figura 5. Puntuaciones medias otorgadas por los estudiantes a cada tarea en las fichas de valoración.

En primer lugar, se aprecia que, salvo para la tarea 1 “¿Se consume mucho yogur en España?”, los estudiantes del grupo A valoraron siempre las tareas con puntuaciones mayores que los del grupo B. A pesar de ello, estas puntuaciones no fueron muy diferentes dentro del mismo enfoque, excepto para la modelización donde se encontró la mayor diferencia de puntuación en las tareas 4 y 9.

A partir de las puntuaciones de las tareas asociadas a cada práctica científica se realizó un valor medio, que a pesar de que las tres prácticas reciben buenas calificaciones, no todas son igualmente valoradas. Así, la indagación fue la mejor valorada en todos los casos, con una media de 8.84 puntos, que en el grupo A llegó a superar la calificación de 9 (9.29). A continuación, le siguió la argumentación (7.71 puntos), siendo la modelización la práctica peor valorada (7.55 puntos).

El análisis de la comparación entre grupos de las valoraciones que hacen los estudiantes de cada una de las tareas relacionadas con aspectos concretos de cada práctica científica (Tabla 8) mostró diferencias estadísticamente significativas entre grupos, a favor del grupo A que valoró mejor las tareas 2 (proponer un contraargumento), 4 (construir modelos), 5 y 6 (planificación y diseño de la investigación).

			Prueba Wilcoxon		
		Prácticas comparadas	Z	p	Diferencias
Global		M vs. A	-0.784	NS	---
I vs. M		-2.590	0.010	I > M	
I vs. A		-2.102	0.036	I > A	
Grupos	A	M vs. A	-0.446	NS	---
		I vs. M	-0.393	NS	---
		I vs. A	-0.525	NS	---
	B	M vs. A	-1.073	NS	---
		I vs. M	-2.941	0.003	I > M
		I vs. A	-2.608	0.009	I > A

Tabla 8. Estadísticos descriptivos en muestras relacionadas para comparar la suma de las puntuaciones dadas a las tareas en cada práctica científica.

En cuanto al análisis de las diferencias entre las valoraciones (global y por grupo) otorgadas a cada práctica científica se detectaron diferencias estadísticamente significativas a favor de las tareas de indagación frente a las de argumentación y modelización respectivamente, para la muestra global y para el grupo B.

3

CONCLUSIONES

Este capítulo recoge las conclusiones más destacadas obtenidas en la investigación realizada. Seguidamente se presentan estas conclusiones atendiendo a cada una de las preguntas de investigación que han guiado la Tesis Doctoral.

3.1. Conclusiones de la pregunta de investigación P1

¿Cómo explican estudiantes de secundaria de 13 a 15 años la transformación de la leche en yogur y qué modelos mentales utilizan?

- Los resultados muestran que los estudiantes de 2º y 3º de E.S.O. presentan grandes dificultades para explicar la transformación de leche en yogur en los ámbitos macro y micro/submicroscópico.
- A pesar de que son capaces de proponer hasta siete modelos diferentes, todos ellos están aún muy alejados del modelo escolar, al considerar la transformación láctica como un proceso mecánico, un cambio de estado, un aumento del número de componentes, una mezcla, un proceso en el que aparecen bacterias con o sin papel activo o una fermentación. Tampoco aparecen ideas relativas a las bacterias como seres vivos. Solo en algunos de los modelos, especialmente en el modelo 3, aparecen referencias al aumento del número de bacterias durante el proceso, aunque los estudiantes no siempre lo indican de forma explícita. Esto podría ser indicativo de la idea de que, como seres vivos, pueden reproducirse.
- Otro aspecto a resaltar es que parece que los estudiantes han superado los modelos más simples habituales en la etapa de primaria (Mayerhofer, 2012) (las bacterias son líquidas o ausencia de bacterias a altas temperaturas), que no fueron detectados en nuestro estudio.

3.2. Conclusiones de la pregunta de investigación P2

¿Cómo integrar las prácticas científicas de argumentación, modelización e indagación en una SEA basada en el consumo y elaboración del yogur como contexto?

En esta Tesis Doctoral se ha elaborado un esquema para el diseño de SEAs **(Contribución 2)** que aplicado al diseño de una SEA concreta centrada en diferentes aspectos del yogur, ha permitido:

- Ofrecer una opción específica para abordar el desarrollo de las prácticas científicas de argumentación, indagación y modelización en un contexto de la vida cotidiana de una manera integrada y, por tanto, responder a algunas de las necesidades discutidas en la literatura (Caamaño, 2011; Zangori et al., 2017).
- Proporcionar un medio para reducir los conflictos entre el contexto y las ideas científicas (Kortland, 2007) cuando se propone la enseñanza de la ciencia basada en el contexto.
- Mostrar cómo la modelización y la contextualización se pueden combinar creando un contexto científico común inherente a la ciencia escolar, como el del consumo y la elaboración de yogur, que puede involucrar a los estudiantes y ser una experiencia de aprendizaje (Izquierdo, 2013).

3.3. Conclusiones de la pregunta de investigación P3

¿Cómo evolucionan los modelos de los estudiantes de secundaria de 4º de E.S.O. sobre la transformación de la leche en yogur en el desarrollo de la SEA?

- Los resultados respaldan firmemente que proporcionar aprendizaje dentro de un contexto relevante para la vida de los estudiantes es una manera efectiva de mejorar la creación de su modelo, y ser explícitos les permitió ver a través de sus modelos los mecanismos que son menos destacados –p.e., el papel de las bacterias en el proceso de fermentación del ácido láctico (Simonneaux, 2000; Sánchez, 2005)–. Por otra parte, un alto porcentaje de estudiantes fue capaz de superar las dificultades encontradas en la literatura (la participación de bacterias en el proceso y su consideración como reacción química).
- Una comparación de los modelos de los estudiantes entre el pre-test y el post-test muestra el impacto de la SEA al identificarse un conjunto más amplio y avanzado de los modelos de los estudiantes en comparación con los modelos encontrados en la literatura para este proceso (Moreno-Arcuri y López, 2013; Muñoz-Campos et al., 2018; Simonneaux, 2000; Sánchez, 2005), centrados principalmente en la fase 2.
- El entendimiento de la fase 2 del modelo escolar (por la acción de las bacterias –agente- tiene lugar una transformación química –mecanismo- donde el azúcar que contiene la leche en forma de lactosa se divide en glucosa y galactosa, transformando posteriormente la glucosa en ácido láctico –producto-) puede considerarse exitoso puesto que casi la mitad de los estudiantes (12/25) mejoraron sus modelos explicativos de esta fase al finalizar la SEA, mientras que 10/25 estudiantes seguían manteniendo como modelo

final el propuesto inicialmente de partida que coincidía con el modelo escolar. Sólo tres estudiantes empeoraron su modelo para esta fase.

- Los logros del alumnado que fue capaz de identificar la fase 3 del modelo escolar también debe valorarse positivamente puesto que 9/10 estudiantes que mencionaron esta fase mejoraron su modelo. No obstante, solo dos de ellos manifestaron el modelo más próximo al escolar de referencia al finalizar la SEA.
- La evolución de los modelos en las fases 2 y 3 muestran que los estudiantes han mejorado sus conocimientos iniciales sobre los contenidos científicos, desarrollando las competencias asociadas a cada práctica científica.
- A pesar de este importante avance en los modelos de los estudiantes, también debe tenerse en cuenta que les resulta complicado presentar un modelo global que incluya las tres fases del proceso al final de la SEA, siendo la fase 1 la que menos aparece en sus modelos.

3.4. Conclusiones de la pregunta de investigación P4

¿Qué valoraciones realizan estudiantes de 4º de E.S.O. sobre una SEA que integra prácticas científicas de argumentación, indagación y modelización en el contexto del consumo y elaboración de yogur?

- La SEA fue recibida positivamente por el alumnado, percibiéndola 20/25 estudiantes como novedosa y la totalidad de ellos como interesante, y considerando 24 de ellos que habían estado implicados o muy implicados en su desarrollo. Igualmente, la mayoría de estudiantes (16) consideró adecuada la forma de trabajo en clase, con la que le gustaría seguir aprendiendo.
- Asimismo, la SEA les ha permitido aprender mucho sobre el tema (18/25) y algo sobre ciencias (18/25). Esta diferencia de percepción solo es estadísticamente significativa en el grupo A, cuyos estudiantes no había recibido antes formación sobre las prácticas científicas. Parece que el hecho de no recibir, como era habitual para ellos, una enseñanza centrada en los conocimientos científicos “diluye” la percepción que tienen los estudiantes de estar aprendiendo ciencia cuando utilizan un nuevo enfoque (Rodríguez-Mora y Blanco, 2015).

3.5. Conclusiones de la pregunta de investigación P5

¿Qué valoraciones realizan estudiantes de 4º de E.S.O. sobre cada una de las tareas planteadas para cada práctica científica y qué diferencias existen entre estudiantes de dos centros diferentes?

- Tomando en consideración los elementos de cada una de las prácticas, se aprecian valoraciones similares entre ambos grupos de estudiantes. No obstante, los estudiantes del grupo A valoraron mejor que los del B tres tareas concretas relacionadas con proponer un contraargumento, construir un modelo y planificación y diseño de la investigación.

- En su conjunto las tareas relacionadas con cada práctica científica no fueron percibidas de la misma forma, encontrándose que la indagación fue mejor valorada que la argumentación y la modelización, aunque no aparecieron diferencias estadísticamente significativas entre estas dos últimas. Estas diferencias globales se detectaron solo en el grupo B, lo que puede apoyar la explicación dada anteriormente sobre las diferencias de percepción sobre el aprendizaje.
- Para estudiantes que no tienen familiarización con el trabajo de las prácticas científicas, la indagación fue la que inicialmente captó mejor su interés, pero una vez finalizada la SEA, el alumnado valoró de forma similar tanto indagación como argumentación.
- El caso de la modelización parece diferente ya que, en las tareas de aprendizaje aparece como la práctica menos valorada. Quizás es en la práctica en la que la falta de familiarización aparece como un factor más determinante. Parece necesario que el profesorado haga un mayor y más preciso apoyo didáctico para ayudar al alumnado a iniciarse en la modelización (Acher, 2014).
- Este estudio aporta datos, considerados iniciales, que apuntan a que desde la perspectiva del alumnado la reclamada integración de prácticas científicas (Caamaño, 2011) es posible dando lugar a SEAs que sean de su interés y en las que se impliquen. También ha aportado datos que posibilitan llevar a cabo mejoras de la SEA evaluada, tanto en su diseño como en la puesta en práctica en el aula.

4

CONTRIBUCIONES QUE FORMAN PARTE INTEGRANTE DE LA TESIS

CONTRIBUCIÓN 1 (ARTÍCULO)

Título: Modelos mentales de estudiantes de educación secundaria sobre la transformación de la leche en yogur.

Autores: Verónica Muñoz Campos, Antonio Joaquín Franco Mariscal y Ángel Blanco López

Tipo de publicación: Artículo

Revista: Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias

ISSN: 1697011X

Año: 2018

Publicada por: Universidad de Cádiz y Asociación de Profesores Amigos de la Ciencia.

Indicadores de calidad científica de la revista: Sello de calidad FECYT. Indexada en ESCI Web of Science, SJR (Scopus) (cuartil 2, factor de impacto 2018: 0.379) y Lantindex (35 características cumplidas).

Resumen: Los modelos mentales de los estudiantes proporcionan información valiosa sobre sus marcos conceptuales, es decir, sus estructuras de conocimiento subyacentes que pueden ayudar a mejorar el diseño de actividades de aprendizaje en el aula. Este trabajo investiga los modelos mentales de 153 estudiantes de secundaria obligatoria de entre 13 y 15 años sobre la transformación de la leche en yogur y propone un modelo escolar. Los datos se recogieron con dos tareas que demandaban explicar esta transformación a través de respuestas verbales y dibujos. A partir de las respuestas de los alumnos se identificaron siete modelos mentales, de los cuales cuatro (la fermentación es un proceso mecánico, implica un aumento en el número de bacterias, consiste en una mezcla macroscópica, y las bacterias como aglutinante de moléculas) deben considerarse como una aportación de este trabajo, al no haber sido identificados en estudios previos en esta etapa educativa. No obstante, los modelos están aún muy alejados del modelo escolar de fermentación láctica, por lo que se plantea la necesidad de recurrir a nuevas estrategias didácticas para avanzar en su progresión

Pregunta de investigación a la que responde:

P1: ¿Cómo explican estudiantes de secundaria de 13 a 15 años la transformación de la leche en yogur y qué modelos mentales utilizan?

CONTRIBUCIÓN 2 (ARTÍCULO)

Título: Integration of scientific practices into daily life contexts: A framework for the design of teaching-learning sequences.

Autores: Verónica Muñoz Campos, Antonio Joaquín Franco Mariscal y Ángel Blanco López

Tipo de publicación: Artículo

Revista: International Journal of Science Education

DOI: [10.1080/09500693.2020.1821932](https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1821932)

ISSN: 09500693, 14645289

Año: 2020

Publicada por: Taylor and Francis

Indicadores de calidad científica de la revista: Indexada en JCR-SSCI, categoría Education and Educational Research (cuartil 3, factor de impacto 2019: 1.485) y SJR (Scopus) (cuartil 1, factor de impacto 2019: 1.058).

Abstract: This study concerns a framework for designing Teaching-Learning Sequences that aims to integrate the implementation of scientific practices in the context of daily problems. Said framework consists of three stages (formulation of the design principles, instructional design and design of the learning activities). It is based on four design principles: (1) the context-scientific model relationship as the axis around which the teaching-learning sequence is based, (2) scientific practices as tools for treating the problem and constructing the scientific model, (3) use of driven questions, and (4) promotion of knowledge transfer. Similarly, the choice of context, the proposal of questions, the drafting of objectives, selection of knowledge, design of the sequence of activities and design of the evaluation are important during instructional design. This framework has been used to design a teaching-learning sequence based on learning the lactic fermentation model in the context of yoghurt preparation such that argumentation, inquiry and modelling play a key role in the educational treatment. Implementation of this teaching-learning sequence has shown an improvement in the lactic fermentation models proposed by Spanish students aged 14–16 years. These findings are considered to be initial evidence for the utility of the teaching-learning sequence.

Preguntas de investigación a las que responde:

P2: ¿Cómo integrar las prácticas científicas de argumentación, modelización e indagación en una SEA basada en el consumo y elaboración del yogur como contexto?

P3: ¿Cómo evolucionan los modelos de los estudiantes de secundaria de 4º de E.S.O. sobre la transformación de la leche en yogur en el desarrollo de la SEA?

CONTRIBUCIÓN 3 (CAPÍTULO DE LIBRO)

Título: Secuencia de enseñanza-aprendizaje para el desarrollo de prácticas científicas en el contexto de consumo de yogur. En D. Cebrián, A.J. Franco, T. Lupión y C. Acebal (Coords.) *Enseñanza de las ciencias y problemas relevantes de la ciudadanía. Transferencia al aula*. Barcelona: Graó.

Autores: Verónica Muñoz Campos, Antonio Joaquín Franco Mariscal y Ángel Blanco López

Tipo de publicación: Capítulo de libro

ISBN: Pendiente de asignación

Publicada por: Editorial Graó

Lugar de edición: Barcelona

Año: 2020

Indicadores de calidad científica de la publicación: Indexada en base de datos SPI (Scholarly Publishers Indicators in Humanities and Social Sciences), categoría Educación, editoriales españolas, ICEE 137, posición 2/53, cuartil 1, 2018.

Resumen: La secuencia de enseñanza-aprendizaje (SEA) que se presenta en este capítulo está dirigida a estudiantes de educación secundaria obligatoria y se articula en torno a distintos aspectos relacionados con el yogur, entendiendo que se trata de un producto conocido y muy consumido por el alumnado. Esta SEA, con carácter multidisciplinar, puede considerarse novedosa al integrar las prácticas científicas de argumentación, indagación y modelización en un contexto de la vida diaria. Se presenta su estructura, los objetivos, los contenidos y las tareas. Cada tarea plantea al estudiante un interrogante que guía la selección y secuenciación de contenidos y los aspectos concretos de las prácticas científicas a tratar. A continuación, se describe la puesta en práctica y cómo se han desarrollado estas tareas en el aula con 25 estudiantes de 4º de E.S.O. de dos centros de educación secundaria de la provincia de Málaga. Para cada una de las 14 tareas que constituyen esta SEA se describen sus objetivos y los aspectos más destacados de su implementación ilustrándolos con producciones de los estudiantes. Finalmente se hacen unas valoraciones sobre los resultados obtenidos en su puesta en práctica.

Pregunta de investigación a la que responde:

P2: ¿Cómo integrar las prácticas científicas de argumentación, modelización e indagación en una SEA basada en el consumo y elaboración del yogur como contexto?

CONTRIBUCIÓN 4 (ARTÍCULO)

Título: Integración de prácticas científicas de argumentación, indagación y modelización en un contexto de la vida diaria. Valoraciones de estudiantes de secundaria.

Autores: Verónica Muñoz Campos, Antonio Joaquín Franco Mariscal y Ángel Blanco López

Tipo de publicación: Artículo

Revista: Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias

ISSN: 1697011X

Año: 2020

Publicada por: Universidad de Cádiz y Asociación de Profesores Amigos de la Ciencia.

Indicadores de calidad científica de la publicación: Sello de calidad FECYT. Indexada en ESCI Web of Science, SJR (Scopus) (cuartil 2, factor de impacto 2019: 0.381) y Lantindex (35 características cumplidas).

Resumen: Este trabajo se enmarca en una línea de investigación que pretende la integración del desarrollo de prácticas científicas (argumentación, indagación y modelización) en el contexto de problemas de la vida diaria. Se ha diseñado, implementado y evaluado una secuencia de enseñanza-aprendizaje cuya finalidad es el desarrollo de dichas prácticas científicas utilizando como contexto la elaboración de yogur. En concreto, este trabajo analiza las valoraciones sobre esta secuencia de estudiantes de 4º E.S.O. de dos centros utilizando diferentes instrumentos en distintos momentos de la secuencia. Destaca el alto grado de implicación del alumnado y su percepción de la secuencia como innovadora e interesante. Sin embargo, no todas las tareas son percibidas de igual forma, siendo las relacionadas con indagación y modelización las más y menos valoradas respectivamente. Los resultados apuntan a que desde la perspectiva de los estudiantes la integración de estas prácticas científicas es viable, dando lugar a secuencias que sean de su interés y en las que se impliquen.

Preguntas de investigación a las que responde:

P4: ¿Qué valoraciones realizan estudiantes de 4º de E.S.O. sobre una SEA que integra prácticas científicas de argumentación, indagación y modelización en el contexto del consumo y elaboración de yogur?

P5: ¿Qué valoraciones realizan estudiantes de 4º de E.S.O. sobre cada una de las tareas planteadas para cada práctica científica y qué diferencias existen entre estudiantes de dos centros diferentes.

VERÓNICA EUTIMIA MUÑOZ CAMPOS-TESIS DOCTORAL

5

CONTRIBUCIONES COMPLEMENTARIAS

CONTRIBUCIÓN COMPLEMENTARIA A

La elaboración de yogur como contexto para el aprendizaje de la reacción química mediante modelización.

Pedro Membiela · Natalia Casado · M.^a Isabel Cebreiros

— EDITORES —

**LA ENSEÑANZA
DE LAS CIENCIAS:
A ENSEÑANZA
DAS CIENCIAS:
DESAFÍOS Y
PERSPECTIVAS
DESAFÍOS E
PERSPECTIVAS**

EE EDUCACIÓN
EDITORIAL

SEPARATA

CONTRIBUCIÓN COMPLEMENTARIA B

Concepciones previas de estudiantes de ESO sobre aspectos relacionados
con el yogur

M.^a ISABEL CEBREIROS
PEDRO MEMBIELA
NATALIA CASADO
MANUEL VIDAL
(EDITORES)

LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EN EL ACTUAL CONTEXTO EDUCATIVO

O ENSINO DAS CIENCIAS NO ACTUAL CONTEXTO EDUCATIVO

SEPARATA

EE EDUCACIÓN
DITORA

**La enseñanza de las ciencias en
el actual contexto educativo**
**O ensino das ciencias no
actual contexto educativo**

Pedro Membiela, Natalia Casado,
M^a Isabel Cebreiros y Manuel Vidal (editores)

Educación Editora

Edita Educación Editora

Roma 55, Barbadás 32930 Ourense

email: educacion.editora@gmail.com

Imprime: Tórculo Comunicación Gráfica, S.A.

ISBN: 978-84-15524-34-2

D.L.: OU 17-2017

CONTRIBUCIÓN COMPLEMENTARIA C

Identification of students' mental models about the milk transformation
into yogurt

IDENTIFICATION OF STUDENTS' MENTAL MODELS ABOUT THE MILK TRANSFORMATION INTO YOGURT

Verónica Muñoz-Campos¹, Antonio-Joaquín Franco-Mariscal¹ and Ángel Blanco-López¹

¹Universidad de Málaga, Didáctica de las Ciencias Experimentales, Málaga, España

A review of the scientific literature reveals that there are still few researches on the conceptions of secondary school students about chemical reactions involving microorganisms, especially those related to the mental models that students use in their explanations. This paper describes a study concerning the different mental models related to the milk transformation into yogurt with 83 students from a Spanish secondary school of 8th and 9th grade (13-16 years) developed in the framework of a research that intends to use the elaboration of this product as a context for the teaching and learning of chemical reactions through modeling approaches. In order to identify the students' mental models, in this paper we consider the milk transformation into yogurt as a process in which its main components are: the entities involved (milk and bacteria), the interaction between them and the result (yogurt). A simplified school model of this process would involve students considering that bacteria use the sugar in milk to transform it into lactic acid through a chemical reaction to obtain the necessary energy. Using this scheme in interaction with the students' answers, the underlying mental models were identified. Although almost half of the students showed great difficulties explaining the process, five models have been identified. Students often consider the milk transformation into yogurt primarily as a physical process of agglutination or change of state. These models are far from a school model in which the bacteria have a fundamental role in the transformation of milk into yogurt by a chemical reaction.

Keywords: mental models, lactic fermentation, secondary education.

INTRODUCTION

Modeling can be understood as a group of tasks related to the use of scientific models. It involves not only learning the models of school science but also elaborating and reviewing them, as well as speaking and expressing opinions about them, understanding their usefulness, their approximate and changing character, and also their limitations (Jiménez-Tenorio, Aragón-Nuñez, Blanco-López and Oliva-Martínez, 2016).

From this perspective, it is considered that models are the central core around which knowledge is generated, both in science and students. It constitutes one of the scientific practices included in "the Framework for K-12 Science Education" of the National Research Council (NRC, 2012).

The modeling-based science teaching consists in approaching concepts through simpler representations that help students to construct and understand the phenomena studied (Justi

CONTRIBUCIÓN COMPLEMENTARIA D

Actividades de indagación en una propuesta didáctica sobre la elaboración
del yogur

..... EDITORES
PEDRO MEMBIELA, MARÍA ISABEL CEBREIROS Y MANUEL VIDAL

PANORAMA ACTUAL DE LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

EIE
Educación Editora

**Panorama actual
de la enseñanza de las ciencias**

**Panorama atual
do ensino de ciências**

Pedro Membiela, María Isabel Cebreiros y
Manuel Vidal (editores)

Educación Editora

Edita Educación Editora
Roma 55, Barbadás 32930 Ourense
email: educacion.editora@gmail.com
Imprime Educación Editora
ISBN: 978-84-15524-42-7

CONTRIBUCIÓN COMPLEMENTARIA E

Integrating scientific practices into the context of daily life. Assessments
carried out by students

INTEGRATING SCIENTIFIC PRACTICES INTO THE CONTEXT OF DAILY LIFE. ASSESSMENTS CARRIED OUT BY STUDENTS

Abstract: Inquiry, argumentation and modelling are currently shown to be very suitable scientific practices for dealing with science teaching in everyday life contexts. The literature emphasising the need to integrate these approaches into teaching sequences. For this reason, this study presents the assessments carried out by 23 grade 10 students from two schools of the three scientific practices cited in a teaching sequence in the context of yoghurt production and consumption. The teaching sequence intersperses 14 tasks related to scientific practices as tools to construct a scientific model on fermentation and face the problem posed by the consumption or non-consumption of yoghurt. The evaluation of each scientific practice was obtained from the score given by the students for each task on an assessment card, on which they also indicated aspects of their learning and the best and worst parts of the activity. In spite of the fact that the three practices were well valued, the inquiry obtained the highest score, while modelling was the least valued. Wilcoxon's test detected statistically significant differences in favour of the inquiry tasks as opposed to the argumentation and modelling tasks respectively, for the overall sample and for one of the schools. With regards to gender, the Wilcoxon test only detected statistically significant differences in boys in favour of inquiry versus argumentation tasks.

Keywords: Inquiry-based teaching, Modeling-based Learning, Secondary School

INTRODUCTION

The relevance of chemical change in the science curriculum and in the scientific culture of students, as well as the learning difficulties associated with it, mean that their study continues to be of great interest in science education research (Ahtee and Varjola, 2007). For these reasons, there is greater interest in the use of strategies that propose different approaches for learning this topic in line with more recent approaches on the development of scientific practices and contextualization in problems of daily life (AUTHOR, 2018). These include: inquiry (Bybee, 2006), modelling (Schwarz et al., 2009), and argumentation (Erduran and Jiménez-Aleixandre, 2008). These approaches have shown themselves to be effective, but the need to integrate them into the teaching sequences (TS) situated in the context of problems of daily life has been raised (King and Ritchie, 2012). This study analyses the assessments carried out by 16-year-old secondary school students of a TS in which they have participated, and whose aim is the development of scientific practices (argumentation -A-, inquiry -I- and modelling -M-) in the context of yoghurt production and consumption.

METHOD

Learning context

The TS focuses on the production of yoghurt and whether it is considered a healthy food. Throughout its nine sessions, tasks related to the three scientific practices are interspersed and are considered as tools to deal with the driven question that guides the TS (Is it necessary to eat yoghurt?) and to build a scientific model on fermentation. Table 1 describes the tasks related to each scientific practice indicating the phase of the learning process in which they are located, the driven questions and the element of scientific practice directly involved in each of them.

6

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abril, A. M.; Romero, M.; Quesada, A.; García, F.J. (2013a). Creencias del profesorado en ejercicio y en formación sobre el aprendizaje por investigación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(1), 22-33.
- Abril, A.M. y otros (2013b). *Inquiry-Based Learning in maths and Science clases*. Friburgo: Padagogische Hochschule Freiburg.
- Acher, A. (2014). Cómo facilitar la modelización científica en el aula. [How to facilitate the scientific modeling in the classroom]. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 36, 63-75.
- Aikenhead, G. S. (2005). Educación Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS): una buena idea como quiera que se le llame. *Educación Química*, 16(2), 304-314.
- Andersson, B. (1990). Pupils' Conceptions of Matter and its Transformations (age 12-16). *Studies in Science Education*, 18(1), 53-85.
- Aragón, M. M.; Oliva, J. M. y Navarrete, A. (2013). Evolución de los modelos explicativos de los alumnos en torno al cambio químico a través de una propuesta didáctica con analogías. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(2), 9-30.
- Aragón, M. M. (2013). *Aportaciones de la enseñanza con analogías al desarrollo del pensamiento modelizador de los alumnos acerca del cambio químico*. Tesis Doctoral. Cádiz: Universidad de Cádiz.
- Archila, P. A. (2012). La investigación en argumentación y sus implicaciones en la formación inicial de profesores de ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(3), 361-375.
- Balaguer, L.; García, R. y Mantero, M.A. (2006). Yogur "versus" yogur pasteurizado. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 48, 119-123.
- Barrow, L. H. (2006). A biref history of inquiry: from Dewey to Standards. *Journal of Science Teacher Education*, 17, 265-278.

- Barron, B. J. S.; Schwartz, D. L.; Vye, N. J.; Moore, A.; Petrosino, A.; Zech, L. y Bransford, J. D. (1998). Doing with Understanding: Lessons from Research on Problem and Project-Based Learning. *Journal of Learning Sciences*, 3(7), 271-312.
- Bell, P.; Hoadley, C. M. y Linn, M. C. (2004). Design-based research in education. In M. C. Linn, E. A. Davis, y P. Bell (Eds.), *Internet environments for science education* (pp. 73-84). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Benarroch, A. (2001). Una interpretación del desarrollo cognoscitivo de los alumnos en el área de la naturaleza corpuscular de la materia. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(1), 123-134.
- Blanco-López, A.; España-Ramos, E. y Rodríguez-Mora, F. (2012). Contexto y enseñanza de la competencia científica. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 70, 9-18.
- Blanco-López, A.; Franco-Mariscal, A. J. y España-Ramos, E. (2016). A competence-based approach to the design of teaching sequences. An example about Oral and Dental Health and Hygiene. *Journal of Biological Education*, 50(2), 196-206.
- Blumenfeld, P. y Krajcik, J. (2006). Project-based learning. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of the learning sciences* (pp. 333-354). New York, NY: Cambridge University Press.
- Caamaño, A. (2011). Contextualización, indagación y modelización Tres enfoques para el aprendizaje de la competencia científica en las clases de química. *Aula de Innovación Educativa*, 207, 17-21.
- Campanario, J. M. y Moya, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 179-192.
- Cañas, A., Lupión, T. y Niedo, J. (2012). La competencia en el conocimiento e interacción con el mundo físico en las pruebas de evaluación de diagnóstico para 2º de la E.S.O. en Andalucía. En J.M. Domínguez (Ed.), *XXV Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 213-220). Santiago de Compostela: Universidad de Santiago de Compostela y ÁPICE.
- Chin, C. y Osborne, J. (2010). Supporting Argumentation Through Students' Questions: Case Studies in Science Classrooms. *Journal of the Learning Sciences*, 19(2), 230-284.
- Couso, D. (2011). Las secuencias didácticas en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias: modelos para su diseño y validación. [Teaching sequences in the teaching and learning of science: models for its design and validation]. In A. Caamaño (Ed.), *Didáctica de la física y la química* [Physics and Chemistry Teaching] (pp. 57-84). Barcelona: Graó.
- Couso (2014). De la moda de "aprender indagando" a la indagación para modelizar: una reflexión crítica. En M.A. Heras, A. Lorca, B. Vázquez, A. Wamba y R. Jiménez (Eds.), *Investigación y transferencia para una educación en ciencias: Un reto emocionante* (pp. 1-28). Huelva: Servicio de Publicaciones Universidad de Huelva.
- Díaz R., López R., García A., Abuín G., Nogueira E. y Garcia J.A. (1996) ¿Son los alumnos capaces de atribuir a los microorganismos algunas transformaciones de los alimentos? *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2), 143-153.

- Driver, R. (1998). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 109-120.
- Edelson, D. C. (2001). Learning-for-use: A framework for integrating content and process learning in the design of inquiry activities. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(3), 355-385.
- Erduran, S. y Jiménez-Aleixandre, M.P. (Eds.) (2008). Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research. Dordrecht: Springer.
- Escaño, J. y Gil De La Serna, M. (2001). Motivar a los alumnos y enseñarles a motivarse. *Aula de Innovación Educativa*, 101, 25-27.
- España, E.; Cabello, A. y Blanco, A. (2014). La competencia en alimentación. Un marco de referencia para la educación obligatoria. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 611-629.
- Finkelstein, N. (2005). Learning physics in context: A study of student learning about electricity and magnetism. *International Journal of Science Education*, 27(10), 1187-1209.
- Franco-Mariscal, A.J. (2015). Competencias científicas en la enseñanza y el aprendizaje por investigación. Un estudio de caso sobre corrosión de metales en secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(2), 231-252.
- Furió, C. y Domínguez, M. C. (2007). Problemas históricos y dificultades de los estudiantes en la conceptualización de sustancia y compuesto químico. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(2), 241-258.
- García, F. J.; Quesada, A.; Ariza, M. R. y Abril, A. M. (2019). Promover la indagación en matemáticas y ciencias: Desarrollo profesional docente en primaria y secundaria. *Educación XXI*, 22(2), 335-359.
- García-Barros, C. y Martínez, C. (2010). Indagando con animales pequeños en el aula de primaria. *Revista Padres y Maestros / Journal of Parents and Teachers*, 334, 19-25.
- García-Barros, S.; Martínez, C. y Mondelo, M. (1997). Estudiando las bacterias de la placa dental a través de una actividad práctica de investigación. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 14, 113-119.
- García-Carmona, A. (2019). Pre-service primary science teachers' abilities for solving a measurement problem through inquiry. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17(1), 1-21.
- García-Carmona, A. (2020). From inquiry-based science education to the approach based on scientific practices. *Science y Education*, 29(2), 443-463.
- Georgiades, P. (2000). Beyond conceptual change learning in science education: Focusing on transfer, durability and metacognition. *Educational Research*, 42(2), 119-139.
- Gilbert, J. K. y Justi, R. (2016). *Models and Modeling in Science Education*. Switzerland: Springer.

- Gilbert, J. K.; Boulter, C. y Rutheford, M. (1998). Models in explanations, Part 1: Horses for courses? *International Journal of Science Education*, 20(1), 83-97.
- Girón, J. (2017). *Estudios sobre el tratamiento de la publicidad de productos alimentarios en la enseñanza de las ciencias*. Tesis doctoral. Málaga: Universidad de Málaga.
- Gómez-Crespo, M.A. (2008). *Aprendizaje e instrucción en química. El cambio de las representaciones de los estudiantes sobre la materia*. Tesis Doctoral. Madrid: Centro de Investigación y Documentación Educativa (CIDE) del Ministerio de Educación, Política Social y Deporte.
- Hagger, M.; Chatzisarantis, N.; Culverhouse, T. y Biddle, S. (2003). The Processes by which Perceived Autonomy Support in Physical Education Promotes Leisure-Time Physical Activity Intentions and Behavior: A Trans-contextual Model. *Journal of Educational Psychology*, 95(4), 784-795.
- Harlen, W. (1998). *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias*. 2ª Edición. Madrid: MEC/Morata.
- Hewson, P. W. y Beeth, M. E. (1995). Enseñanza para un cambio conceptual: ejemplos de fuerza y de movimiento. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), 25-35.
- Izquierdo, M. (2004). Un nuevo enfoque de la enseñanza de la química: contextualizar y modelizar. *The Journal of the Argentine Chemical Society*, 92(4/6), 115-136.
- Izquierdo, M. (2013). Consideraciones acerca de la diferencia entre 'contexto del alumno' y 'contexto de modelización científica escolar' y de las dificultades que de ella se derivan. Comunicación presentada en *Seminario Perspectivas sobre el contexto en la educación científica: Aproximaciones teóricas e implicaciones para la práctica educativa*. Barcelona.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2010). *Competencias en argumentación y uso de pruebas. 10 ideas clave*. Barcelona: Graó.
- Jiménez-Liso, R.; Sánchez, M.A. y De Manuel, E. (2001). Aprender química de la vida cotidiana más allá de lo anecdótico. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 28, 53-62.
- Jiménez-Liso, M. R. y De Manuel, E. (2009). El regreso de la química cotidiana: ¿Regresión o innovación? *Enseñanza de las Ciencias*, 27(2), 257-272.
- Jiménez-Liso, M. R., López-Gay, R. y Márquez, M.M. (2010). Química y cocina: del contexto a la construcción de modelos. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 65, 33-44.
- Justi, R. y Gilbert, J. (2002). Science teachers' knowledge about and attitudes towards the use of models and modelling in learning science. *International Journal of Science Education*, 24(12), 1273-1292.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 173-184.

- King, D. (2012). New perspectives on context-based chemistry education: using a dialectical sociocultural approach to view teaching and learning. *Studies in Science Education*, 48(1), 51-87.
- King, D. y Ritchie, S. (2012). Learning science through real world contexts. In B. Fraser, K. Tobin y C. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 69-77). Dordrecht, NL: Springer.
- Kortland, J. (2007). Context-based science curricula: Exploring the didactical frictions between context and science content. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(2), 115-134.
- Kortland, K. y Klaassen, K. (Eds.) (2010). Designing Theory-Based Teaching-Learning Sequences for Science Education. *Proceedings of the symposium in honour of Piet Lijnse at the time of his retirement as professor of Physics Didactics at Utrecht University*. Utrecht: CDBeta Press. Freudenthal Institute for science and mathematics education (FISME), Utrecht University. FISME series on Research in Science Education, (pp. 64).
- Krajcik, J. y Czerniak, C.M. (2007). *Teaching science in elementary and middle school: A project-based approach*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Krajcik, J. S.; Reiser, B. J.; Sutherland, L. M. y Fortus, D. (Eds.) (2007). *Investigating and questioning our world through science and technology*. Michigan: National Science Foundation.
- Levinson, R., Knippels, M.C., van Dam, F., Kyza, E. Christodoulou, A. Quesada, A. y otros (2019). Ciencia y Sociedad en Educación. Sevilla: Punto Rojo.
- Loarces R. G.; Ferrer G. F. y González-García F. (2019). Evolución de los modelos mentales sobre fosilización tras el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(2), 2102.
- Lumpe, A. T.; Haney, J. J. y Czerniak, C. M. (2000). Assessing Teachers' Beliefs about Their Science Teaching Context. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(3), 275-292.
- Lupión-Cobos, T., Franco-Mariscal, A. J. y Girón-Gamero, J. R. (2019) Predictores de vocación en Ciencia y Tecnología en jóvenes: Estudio de casos sobre percepciones de alumnado de secundaria y la influencia de participar en experiencias educativas innovadoras. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(3), 3102.
- Lyons, T. (2006). Different countries, same science classes: students' experiences of school science in their own words. *International Journal of Science Education*, 28(6), 591-613.
- Marchán, I. y Sanmartí, N. (2015). Criterios para el diseño de unidades didácticas contextualizadas: aplicación al aprendizaje de un modelo teórico para la estructura atómica. *Educación Química*, 26(4), 267-274.
- Martínez-Chico, M.; Jiménez-Liso, M. R. y López-Gay, R. (2015). Efecto de un programa formativo para enseñar ciencias por indagación basada en modelos, en las concepciones didácticas de los futuros maestros. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 149-16.

- Mayerhofer N. (2012). *La construcción del modelo ser vivo por alumnos de primaria: una propuesta de análisis basada en una progresión de aprendizaje*. Tesis Doctoral. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.
- MECD, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2015). *Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato*. BOE núm. 3, de 3 de enero.
- Meheut, M. (2004). Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, 26(5), 515-535.
- Merrill, M. (2007). A Task-Centered Instructional Strategy. *Journal of Research on Technology in Education*, 40(1), 33-50.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2015). Informe consumo en el hogar total leche fermentada y yogures. Disponible en: <http://www.agro-alimentarias.coop/ficheros/doc/04670.pdf>
- Moreno-Arcuri G. (2010). *Construcción de modelos escolares, en un grupo de primero de secundaria acerca de la fermentación*. Tesis Doctoral. México, D.F.: Universidad Pedagógica Nacional.
- Moreno-Arcuri, G. y López, A. (2013). Construcción de modelos en clase acerca del fenómeno de la fermentación, con alumnos de educación secundaria. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 9(1), 53-78.
- Muñoz-Campos, V.; Blanco-López, A. y Franco-Mariscal, A. J. (2015). La elaboración de yogur como contexto para el aprendizaje de la reacción química mediante modelización. En P. Membiola, N. Casado y M. I. Cebreiros (Eds.), *La enseñanza de las ciencias: desafíos y perspectivas*, cap. 43, 265-269.
- Muñoz-Campos, V.; Franco-Mariscal, A. J. y Blanco-López, A. (2018). Modelos mentales de estudiantes de educación secundaria sobre la transformación de la leche en yogur. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(2), 2106.
- NRC, National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academy Press.
- OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development (2016). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy*. Paris: OECD Publishing.
- Oliva, J. M. y Aragón, M. M. (2009). Contribución del aprendizaje con analogías al pensamiento modelizador de los alumnos en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 27(2), 195-208.
- Oliva, J. M.; Aragón, M. M. y Cuesta, J. (2015). The competence of modelling in learning chemical change: A study with secondary school students. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(4), 751-791.
- Oliva, J. M. (2019). Distintas acepciones para la idea de modelización en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 37(2), 5-24.

- Osborne, J. y Collins, J. (2001). Pupils' views of the role and value of the science curriculum: A focus group study. *International Journal of Science Education*, 23(5), 441-467.
- Osborne, J. F.; Henderson, J. B.; MacPherson, A.; Szu, E.; Wild, A. y Yao, S. (2016). The development and validation of a learning progression for argumentation in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(6), 821-846.
- Parra, R. A. (2012). Yogur en la salud humana. *Revista Lasallista de investigación*, 9(2), 162-177.
- Prieto, T.; España, E. y Martín, C. (2012). Algunas cuestiones relevantes en la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 71-77.
- Prins, G. (2010). *Teaching and Learning of Modelling in Chemistry Education. Authentic Practices as Contexts for Learning*. Tesis Doctoral. Holland: Utrecht University.
- Rocard, M. (2007). *Science Education Now. Report EU22-845*. Brussels: European Commission.
- Rodríguez-Mora, F. (2016). *El "consumo de agua de bebida envasada" como contexto para el desarrollo de competencias científicas. Un estudio de caso en 3er curso de la educación secundaria obligatoria*. Tesis Doctoral. Málaga: Universidad de Málaga.
- Rodríguez-Mora, F. y Blanco-López, A. (2015). ¿Por qué bebemos agua embotellada? Una propuesta para la enseñanza de la Física y Química en 3º de ESO. En A. Blanco y T. Lupión (Eds.), *La competencia científica en las aulas. Nueve propuestas didácticas*, (pp. 207-246). Santiago de Compostela: Andavira.
- Romero-Ariza, M. (2017). El aprendizaje por indagación: ¿existen suficientes evidencias sobre sus beneficios en la enseñanza de las ciencias? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(2), 286-299.
- Salmerón, L. (2013). Actividades que promueven la transferencia de los aprendizajes: una revisión de la literatura. [Activities that promote transfer of learning: a review of the literature]. *Revista de Educación, extra*, 34-53.
- Sampson, V. y Clark, D. (2009). The Impact of Collaboration on the Outcomes of Scientific Argumentation. *Science Education*, 93 (3), 448-484.
- Sánchez L. (2005). *Reestructuración de los modelos explicativos con respecto al concepto de microorganismos asociados a enfermedad, que conlleve a su aplicación en la industria, mediante el aprendizaje significativo con estudiantes de 8ª grado en la institución normal de envigado*. Medellín (Colombia): Universidad de Antioquia.
- Sanmartí, N. y Márquez, C. (2017). Aprendizaje de las ciencias basado en proyectos: del contexto a la acción. [Projects based learning science: from context to action]. *Ápice, Revista de Educación Científica*, 1(1), 3-16.
- Schreiner, C. y Sjøberg, S. (2004). *The relevance of science education*. Oslo: Department of Teacher Education and School Development of University of Oslo.

- Schwartz, D. y Bransford, J. (1998). A time for telling. *Cognition y Instruction*, 16(4), 475-522.
- Schwarz, C. V.; Reiser, B. J.; Davis, E. A.; Kenyon, L.; Acher, A.; Fortus, D. y Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654.
- Simonneaux L. (2000). A study of pupils' conceptions and reasoning in connection with 'microbes', as a contribution to research in biotechnology education. *International Journal of Science Education*, 22(6), 619-644.
- Solbes, J. (2011). ¿Por qué disminuye el alumnado de Ciencias? *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 67, 53-61.
- Solsona, N. (2010). Una experiencia competencial de química y bizcochos en el aula. *Aula de Innovación Educativa*, 188, 52-55.
- Zangori, L.; Peel, A.; Kinslow, A.; Friedrichsen, P. y Sadler, T. (2017). Student Development of Model-Based Reasoning about Carbon Cycling and Climate Change in a Socio-Scientific Issues Unit. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(10), 1249-1273.
- Zembal-Saul, C. (2009). Learning to teach elementary school science as argument. *Science Education*, 93(4), 687-71.

